tijdschrift van het

# nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 41 - nr. 2 - 1976

MINISTERIE VAN DEFENSIE

Bij de afdeling Technische Studie van de Koninklijke Militaire Academie te Breda is vacant de functie van

GEWOON HOOGLERAAR (mnl./vrl.)

De taak omvat, naast het geven van onderwijs:
- mede - beleidsbepaling van de wetenschappelijke studie, in het bijzonder die op technische grondslag;
- leiding van één der hoofdgroepen voor de technische opleiding. De betreffende hoofdgroep is verantwoordelijk voor het onderwijs in systemen met wapens, verbindingen en informatieverwerkende middelen.

De studie is gekenmerkt door nadruk op beoordelings- en waarderings-disciplines.
Ruime ervaring op tenminste één der aangegeven gebieden of op vergelijkbaar terrein is vereist.

Salaris max. f 8.883,-- per maand.

Sollicitaties (met levensloop) te richten aan de voorzitter van de benoemingscommissie: prof. ir. J.A.H. Hartmann, Koninklijke Militaire Academie (afdeling Technische Studie), Kasteelplein 10 te Breda.

Nadere inlichtingen betreffende genoemde functie te verkrijgen bij Prof. ir. J. Piket, zelfde adres, tel. 076-123911, toestel 2108.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 41 - nr. 1 - 1976

# INLEIDING TOT HET THEMA: GEAUTOMATISEERDE LUCHTVERKEERSLEIDING SYSTEMEN

Ir. M. Staal,
Technisch Directeur Hollandse Signaalapparaten B.V.

Toen Bleriot over het Kanaal vloog zal zijn voornaamste instrument wel een eenvoudig kompas zijn geweest, terwijl de gronduitrusting uit niet veel meer bestond dan een windzak.

Een modern vliegtuig is uitgerust met vele instrumenten, met radio communicatie-apparatuur, navigatie-apparatuur, met een weerradar, een secundaire radartransponder, enz.

Op de grond zorgen radars voor de bewaking van de luchtwegen. De luchthavens zijn uitgerust met radars voor de z.g. "approach control". Daarnaast beschikken de verkeersleiders ook over uitstekende communicatie-apparatuur, over peilontvangers, over blindlandingsystemen en over geautomatiseerde verwerkings- en display-apparatuur. De luchtwegen zijn gemarkeerd met radiobakens.

In Nederland behoort de luchtverkeersleiding tot de competentie van de Rijks Luchtvaart Dienst, de R.L.D. Deze organisatie heeft vanaf het begin van het luchtverkeer, ook internationaal gezien, een leidende rol gespeeld in het handhaven en verbeteren van de veiligheid van het luchtverkeer.

Het ligt voor de hand dat automatisering met behulp van rekenaars een belangrijk hulpmiddel kan vormen voor de verkeersleiders.

Een eerste grote stap werd door de R.L.D. al gezet in 1960. Er werd toen begonnen met de automatisering van routine-taken van de verkeersleiders.

In 1965 werd het z.g. SATCO systeem op Schiphol geïnstalleerd en dit systeem is nog steeds operationeel in gebruik.

In 1974 werd het SARP I systeem in bedrijf gesteld. De belangrijkste innovatie ten opzichte van het SATCO systeem is een verdergaande automatisering en een directe koppeling van de rekenaars met de primaire en secundaire radar.

De verkeersleiders kregen de beschikking over schermen met, naast de z.g. ruwe radar-informatie, ook synthetische informatie, afkomstig van de rekenaars.

Bij zowel het SATCO als het SARP I systeem kan de verkeersleider, als de radar-informatie te moeilijk is voor verwerking door de rekenaars, zijn eigen persoonlijke en verstandige interpretatie gebruiken.

De luchtvaartdeskundigen in binnen- en buitenland streven naar verdergaande automatisering, waarbij de radar-informatie eerst wordt geëxtraheerd, vervolgens in een rekensysteem wordt bewerkt en daarna op beeldschermen wordt gepresenteerd.

De verkeersleiders krijgen dan alleen nog synthetische informatie aangeboden.

Een systeem, aangeduid met de naam SARP II, wordt thans geïnstalleerd op Schiphol. Dit systeem zal in 1978 of 1979 operationeel in gebruik worden genomen, waarbij dan de oudere systemen komen te vervallen.

Moderne rekenaars en beeldschermen maken het mogelijk gegevens op duidelijke en overzichtelijke wijze te presenteren aan de verkeersleiders.

Weerberichten en vluchtplannen kunnen naar believen worden weergegeven in alpha-numerieke vorm.

Dit geldt ook voor de identiteit en andere gegevens van het vliegtuig, maar hiervoor is extractie van de secundaire radargegevens nodig.

De gegevens van de primaire radar moeten op soortgelijke wijze worden geëxtraheerd, om vervolgens, na bewerking door de rekenaars, als synthetische informatie op de schermen te worden gepresenteerd.

Ten aanzien van de radar is de gangbare filosofie om twee radars te nemen, n.l. één lange afstandsradar voor de bewaking van een groter gebied (area control) en een kleinere radar voor het naderingsgebied (approach control).

Voor de eerste radar ligt een golflengtekeuze van 25 cm (L-band) voor de hand. Voor de tweede radar wordt dikwijls een golflengte van 10 cm (S-band) gekozen.

De moderne eisen, zoals die recentelijk naar voren zijn gekomen, gaan uit van radars, die in hoge mate geschikt zijn voor de voortschrijdende automatisering en waarbij eventueel de beide taken, i.e. area control en approach control, door dezelfde radar kan worden verricht.
L-band verdient de voorkeur t.o.z. van S-band in verband met mindere storingen door wolken, regenbuien en z.g. "flying angels". Moderne gestuurde zenderketens stellen de ontwerper in staat de grondecho's verregaand te onderdrukken, om het beste compromis te kiezen ten aanzien van de onderdrukking van flying angels, o.a. door de keuze van de pulsherhalingsfrequenties, en de radar geschikt te maken voor area control en approach control. Naast de onderdrukking van ongewenste echo's door de radar zelf kan ook de rekenaar een belangrijke filterfunctie vervullen.
De uiteindelijke presentatie op een nieuw type daglichtscherm, waarop een grote hoeveelheid informatie met grote nauwkeurigheid kan worden weergegeven, stelt de verkeersleider in staat zijn moeilijke taak beter te vervullen.
Voor de industrie is het van groot belang te anticiperen op de nieuwste eisen. Radars, gemaakt voor militaire doeleinden, voldoen aan zeer hoge eisen. Deze radars kunnen de basis vormen voor A.T.C.-radars en als zodanig voor een nieuw industrieel gebeuren in Nederland.

---

Voordracht gehouden op 6 februari 1976 bij de Hollandse Signaalapparate B.V. Hengelo (O) tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 252), de Benelux section IEEE en de sectie voor telecommunicatietechniek KIvI.

## VAN DE REDACTIE

De eerste vier artikelen van dit nummer waren een onderdeel van de vergadering bij de Hollandse Signaalapparaten B.V. Hengelo (O).
De inhoud van de voordrachten van de heren E.C.Priebee en A.H. Brands was reeds eerder in druk verschenen in Philips Telecommunication Review Volume 32 nr. 3 van Augustus 1974.
De redactie stelt het op prijs de gelegenheid te hebben deze artikelen over te mogen nemen.

# SARP Air Traffic Control System

**E. C. Priebee,** Signaal

*Summary*

*A new Air Traffic Control system will be installed at Schiphol airport, The Netherlands. It is designed to meet future needs and incorporates new daylight Plan Position displays and data displays. Its computers provide the controllers with maximum support. The system and its various subsystems are described.*

## 1 Introduction

SARP stands for Signaal Automatic Radar Processing. The new system, developed under the direction of the Netherlands Civil Aviation Department (RLD), is being manufactured by Hollandse SignaalApparaten Fabriek at Hengelo, the Netherlands. It is to be installed late 1975 in RLD's new ATC centre at Schiphol airport, Amsterdam (see Fig. 1). When the SARP data handling system will be commissioned, the existing computer system, which has been working uninterruptedly for almost six years, will become outdated. The new system has been designed to cope with the full amount of traffic expected in the eighties.

SARP makes use of a random-access bright display which is described in detail in

Fig. 1. Schiphol airport. The building at the foreground accommodates the Air Traffic Control centre.

another article in this issue [1]. It is an essential tool which makes the system highly cost-effective and optimises its performance. For a description of the radars see [2].

## 2 ATC organisation

Each country is responsible for the well-ordered flow of air traffic to, from and across its territory. In the Netherlands this responsibility rests with the Civil Aviation Department, RLD. Since air traffic control is a matter which transcends national frontiers, relevant directives are coordinated by the International Civil Aviation Organisation, ICAO. This organisation publishes Standards, Recommended Practices and Procedures, of which only the 'Standards' proper are compulsory to ICAO member states. Under these regulations RLD provides ATC services to the air traffic.

### 2.1 Types of air traffic service

The 'Rules of the Air' mention three basic types of air traffic service which are defined as follows:

- Flight Information Service: a service provided for the purpose of giving advice and information necessary for the safe and efficient conduct of flights
- Air Traffic Advisory Service: a service provided to ensure separation, as far as possible, between aircraft operating on an IFR flight plan
- Air Traffic Control Service: a service provided for the purpose of preventing collisions and expediting and maintaining an orderly flow of traffic.

The last-mentioned type of service is provided in the Netherlands by RLD and has been subdivided into the following three services:

- Area Control: air traffic control service for all categories of flights in a controlled airspace
- Approach Control: air traffic control service for arriving and departing flights
- Aerodrome Control: air traffic control service for airfield traffic.

The Netherlands form part of the internationally agreed Amsterdam Flight Information Region (FIR). Inside this FIR, apart from military control zones and areas, we find three types of controlled airspace, viz. local control zones, terminal areas and airway sectors (Fig. 2). For Schiphol Airport, the Local Control Zone is a controlled airspace surrounding Amsterdam airport: Schiphol.

All traffic landing at and departing from Schiphol is under control of Schiphol tower.

The Terminal Area (TMA) is a controlled airspace situated at the confluence of airway sectors and located around the Local Control Zone.

Traffic flying inside the Terminal Area is under the control of the Approach Control Service which employs a team of radar controllers and one planning controller.

An Airway Sector is a controlled airspace covering two direction tracks. From the Terminal Area a number of airway sectors fan out in several directions, viz. Germany, Scandinavia, Belgium, Britain. At its Terminal Area extremity each track merges into a holding stack where aircraft may have to wait for landing clearance. A holding stack may be considered to be a buffer area between airway sectors and the terminal area.

Traffic flying within airway sectors or holding stacks is controlled by the Area Control Centre.

Each airway sector and holding stack sector is attended by a team of two controllers, a radar controller and a planning controller. The entire air traffic at Schiphol is taken care of by 8 such teams (Fig. 3).

The Area Control Service also includes two administrative sectors:

- the Flow Control Sector

The operator of this sector predicts the expected traffic intensity and take flow control

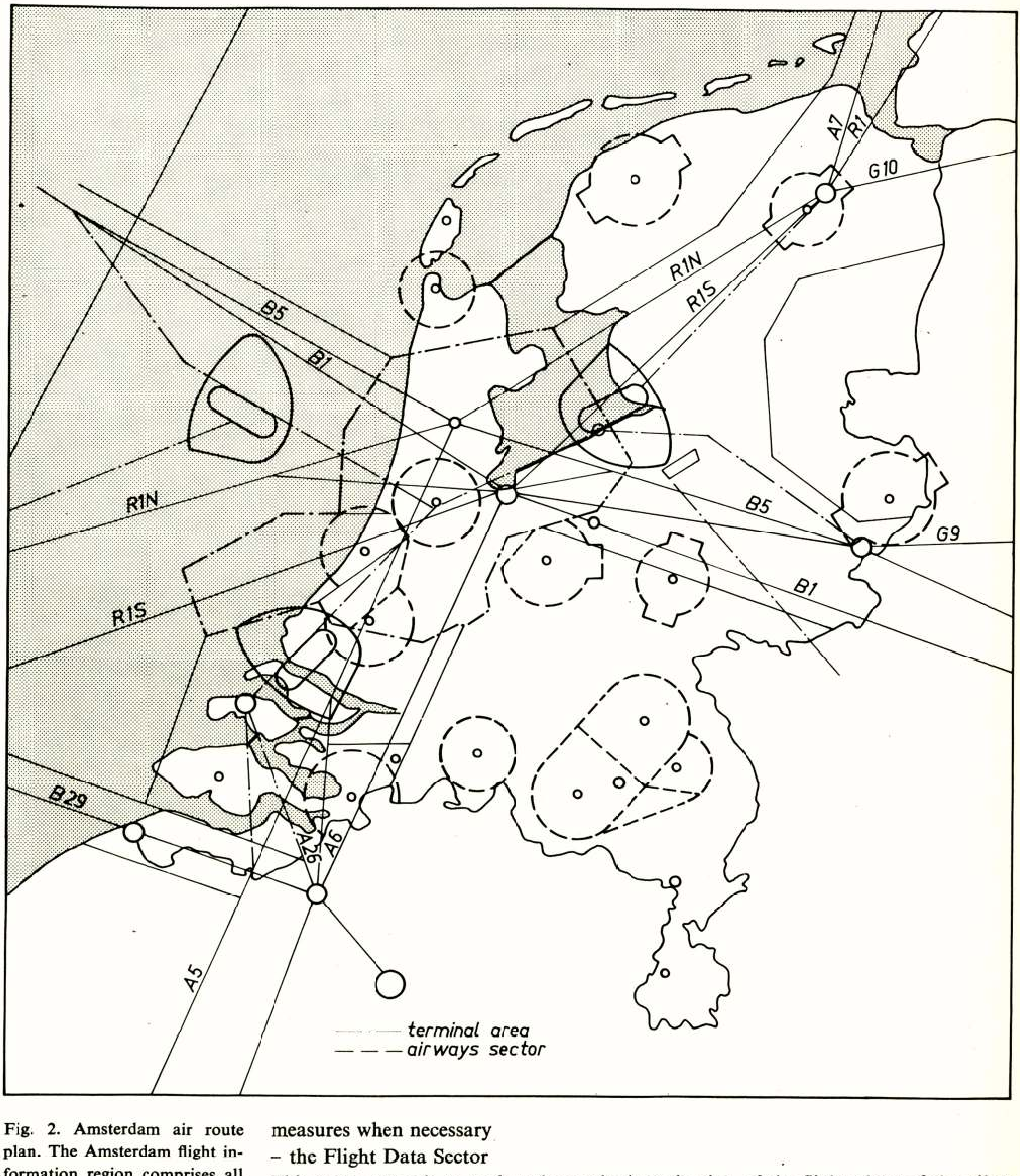



Fig. 2. Amsterdam air route plan. The Amsterdam flight information region comprises all of the Netherlands and part of the North Sea.

measures when necessary
– the Flight Data Sector
This sector attends to such tasks as the introduction of the flight plans of the pilots into the system, the coordination with other centres, etc.

## 3
## Why this system replacement at Schiphol?

The principal reasons why the present ATC system was due for renovation may be summarised as follows:

- the increase of air traffic tended to overload the personnel, which could be avoided only by a higher-capacity ATC system
- developments in neighbouring ATC centres, both in technology and in air traffic control philosophy, demanded a system renovation to keep in step.

The following features optimize the performance of the SARP ATC system:

a overlapping radar coverage at the boundary points

b compulsory installation of VOR/DME aircraft equipment and 4-digit SSR transponders using mode C operation

c a discrete code allocation system

d enhancement of the procedure for traffic transfer to adjacent centres

e optimisation of the route structure

f a reduction of intervals between landings by improving high-speed turn-offs and a taxi-guidance system

g extending the number of holding points near the runways for better observance of the predetermined take-off times.

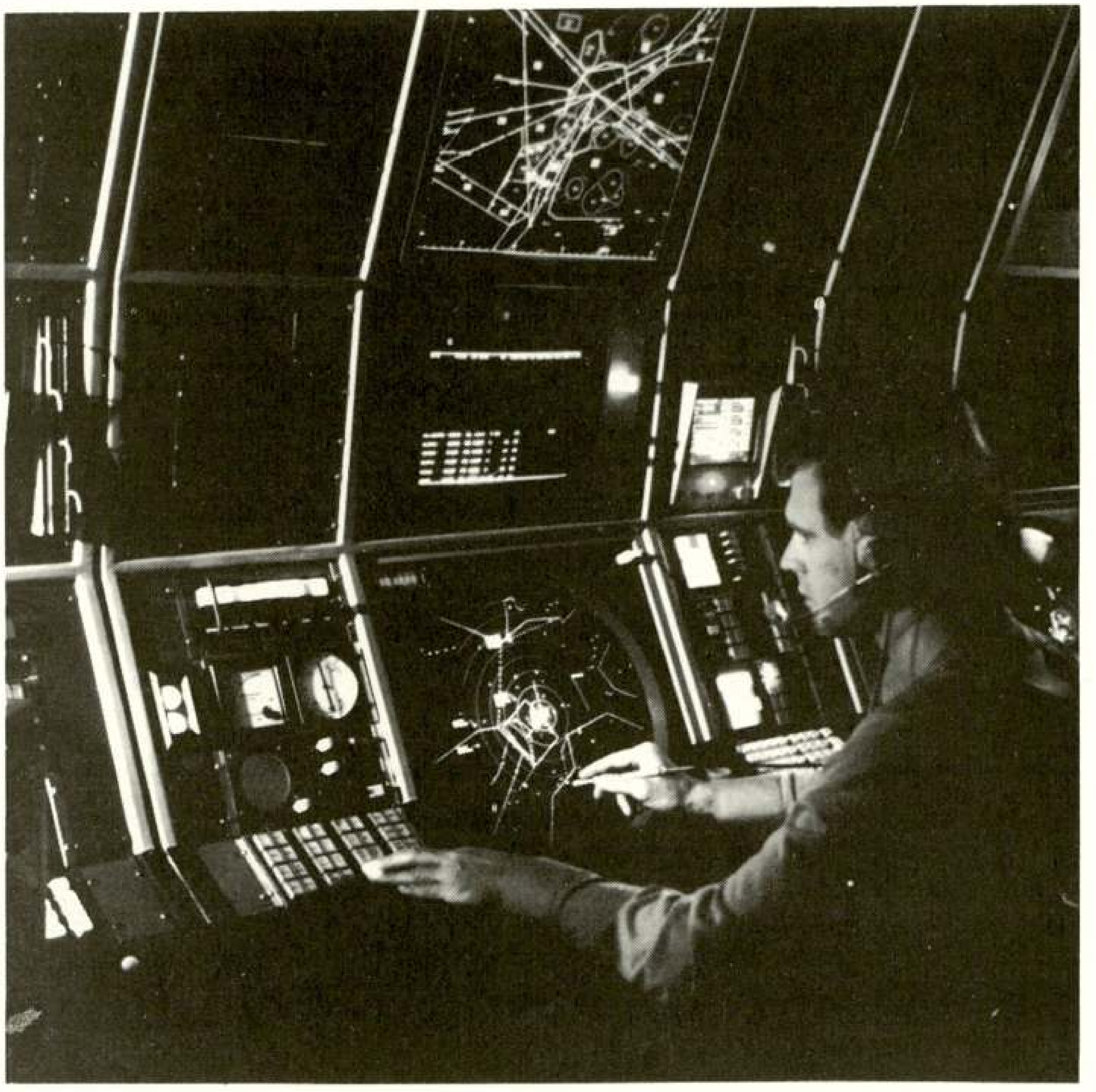


Fig. 3. Approach control working position for radar executive control

3.1
Equipment

The system will employ a new type of plan-position display (Random Access Bright Display), an electronic data display (EDD) and radars producing digital radar data. When used in conjunction with today's faster computers, the equipment offers the following possibilities:

- automatic initiation and maintenance of the radar identification
- automatic display of such characteristics as aircraft identity and aircraft height (by means of labels)
- better working conditions for operators because the bright display permits room illumination to be adjusted to a comfortable level (Fig. 4)
- early indication of impending conflicts for overflying traffic in the TMA and for traffic over the boundary reporting points with adjacent centres
- simple and fast injection of the necessary data into the system
- connection to automated systems in adjacent centres.

*Paper strips made obsolete*

An important feature of the SARP system is the use of EDDs which replace the paper strips of the old system.

3.2
Coordination

The coordination work involved in the transfer of traffic can be greatly reduced by the system, the more so since similar systems are employed in a number of other centres, such as London, Maastricht and Millingen. The automatic display of aircraft height by means of labels will also lighten the work load of the air traffic operators (anticipating and radio-telephony load).

**4**
**The SARP System**
4.1
General

Fig. 5 gives a simplified block diagram of the SARP system. The principal subsystems in this configuration are:

- the main computer complex containing separate radar-data processing computers
- electronic data display subsystem (EDD)
- teletypewriter subsystem

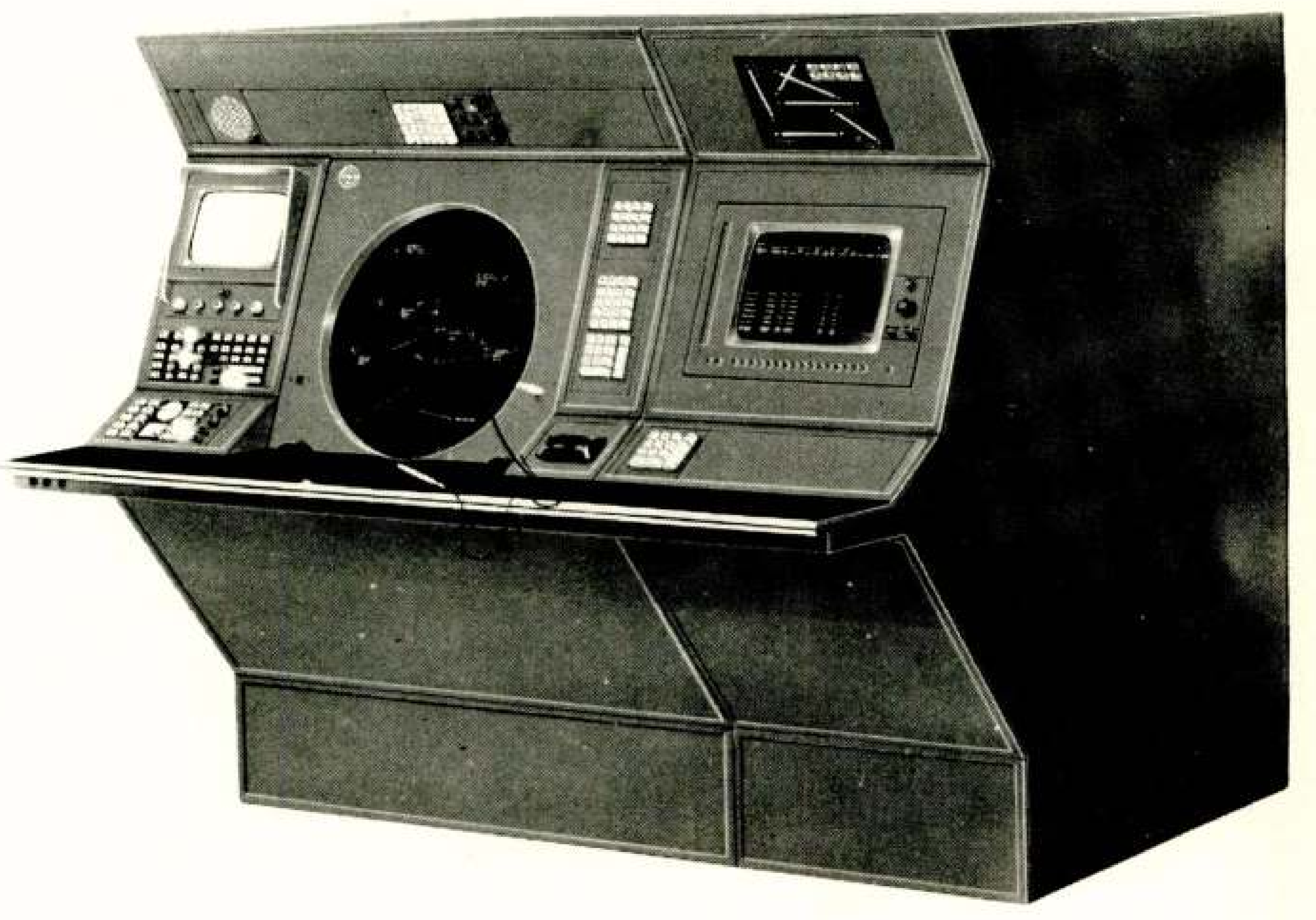


**Fig. 4. New SARP controller's position**

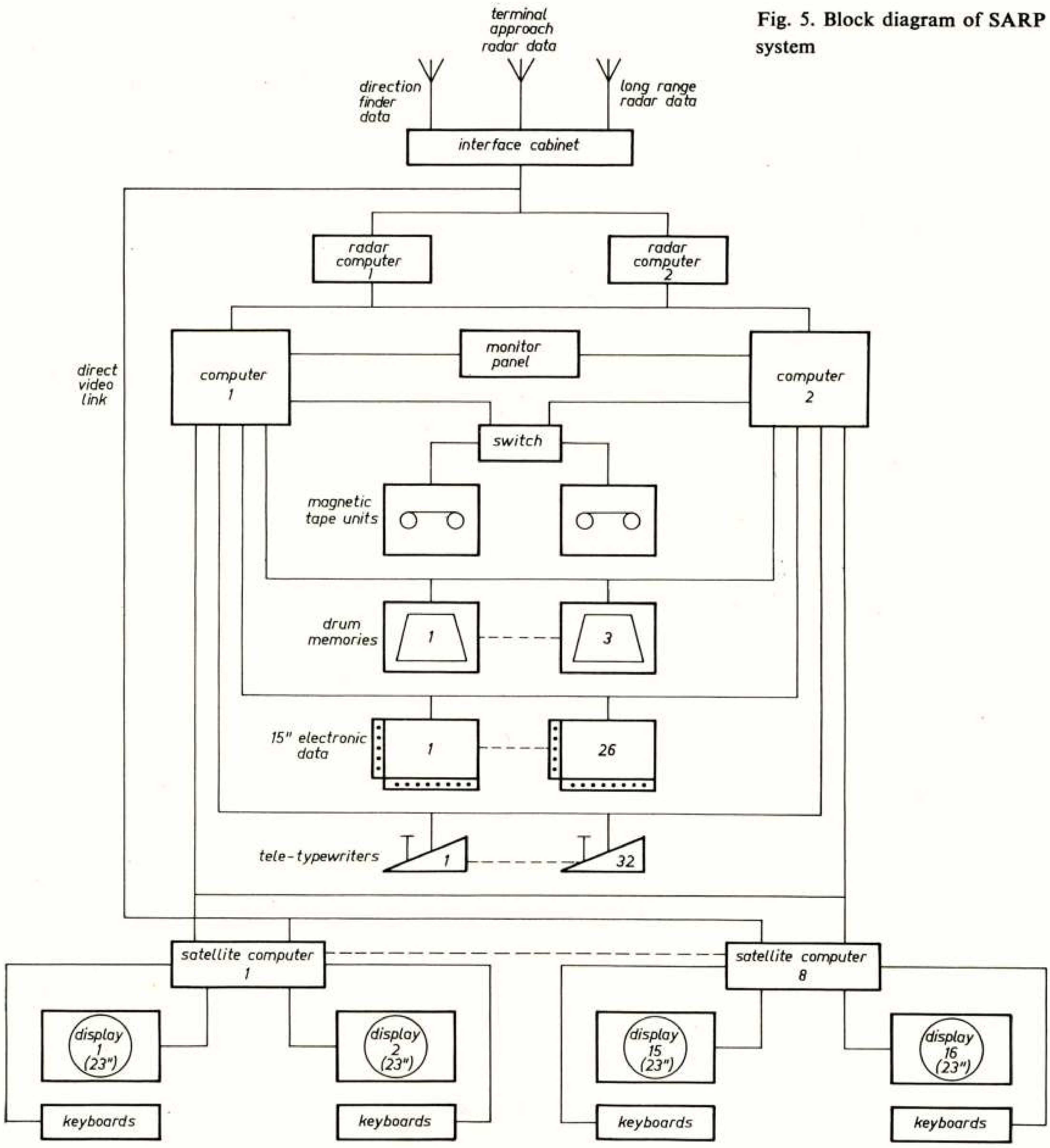



**Fig. 5. Block diagram of SARP system**

- magnetic tape subsystem
- software subsystem
- display subsystem.

In principle each of these subsystems is at least duplicated. The main computer complex, for example, consists of two type SMR processors (each having a capacity of 64k words of 24 bits), two type SMR-S radar processors (each having a capacity of 12k words of 24 bits), three drum memories and two interface units. Of each type of unit one contributes to forming the active system, the remaining units forming a stand-by system.

If one of the units of the active system breaks down, it will be replaced automatically by its counterpart in the stand-by system under the control of a monitor panel which is kept continuously informed of the status of every system unit.

The radar data is obtained from two autonomous radar stations, viz. the Schiphol

terminal approach radar and a distant long-range radar at Herwijnen. Each of these stations is equipped with one primary and two secondary radar antennas and the associated video extractors. All the associated electronic units with the exception of the antennas are of dual design. This precaution, together with an emergency power supply, dual telephone lines and an RF telephone link, will guarantee the uninterrupted flow of radar information.

## 4.2 The Main Computer Complex

The task of the main computer complex is the processing of flight plan and digital radar data.

Flight plan data is input in the form of stored flight plans originating from magnetic tapes or as basic inputs from alphanumeric keyboards. In order to avoid the loss of information, specifically of flight plan data, in the case of a technical reconfiguration, flight plans are stored on drum memories. Part of the flight plan data will be sent to the radar computers where it will be required for correlation with the digital radar data obtained via the interface cabinet.

## 4.3 The Electronic Data Display (EDD) Subsystem

The EDD subsystem presents flight plan data in a tabular form. The system consists of a duplicated EDD control unit driving 26 15-inch TV type electronic data display units.

The EDD subsystem is fed direct from the main computer complex. The implication of this is that a failure of the main computer complex puts an end to the updating of the EDD information, but in that case each EDD will continue data presentation by reading out its own memory.

Each EDD unit is a modified TV monitor frame using separate drive circuitry with a refresh memory. Its display capacity is 32 lines of 64 characters. For EDD marker positioning the EDD unit is equipped with 32 identification keys, situated on the front at the left of the screen. Each key lines up with one of the 32 lines of alphanumeric information on the screen. Pressing such an identification key causes the EDD marker to jump to the first character position on the corresponding display line. Consequently one line-displays only the line data pertaining to one flight.

The EDD unit is not equipped with a large keyboard for making ATC function inputs but has — in its place — a horizontal row of 16 keys arranged on the front directly below the screen. The functions of these keys are software-dependent and are indicated on the lowest display line on the screen. The placement of the 16 keys permits immediate correlation to be established with these bottom-line data.

## 4.4 The Teletypewriter Subsystem

In addition to the regular connections, such as to Rotterdam, Military Air Traffic Control Centre and to the ring main for airport services, a master printer connection is provided for per airway sector. If, for example, a flight plan must be inserted through a sector, use can be made of a master printer. Besides, the Tower and the Flight Information Centre are equipped with strip printers enabling the incidental use of printed paper strips. Provisions have been made for a total of 32 master and/or strip printer connections.

## 4.5 The Magnetic Tape Subsystem

The magnetic tape subsystem provides a bulk store for:

- programs for initial loading
- flight plan storage
- legal recording
- statistics.

## 4.6 The Software Subsystem

The programs assigned to the different computers are varied, and each has a specific function. They may be brought under three main headings:

- operational programs: these are the programs which enable the system to perform its operational tasks, and to check performance by on-line test routines
- test programs: these are the programs used to verify the correct performance of the hardware and to locate hardware faults; the tests include hardware routines
- programming support programs: these are programs which support and facilitate programming. They include library routines.

A detailed enumeration of all the functions the operational programs can perform is beyond the scope of this article, but the principal functions are worth mentioning here:

- technical and operational reconfiguration
- processing of primary and secondary radar data of two radars
- flight path calculation
- conflict search in the terminal area
- conflict search at the boundaries with adjacent centres
- limited conflict resolution
- determining departure times for aircraft leaving Schiphol Airport
- flow control measures
- recording
- processing of stored flight plans
- acceptance of AFTN messages
- height band filtering
- distance-from-threshold calculation for the benefit of the Tower controllers
- automatic SSR code allocation
- operation in a back-up mode (reduced system).

## 4.7 Display Subsystem

In any ATC system the controller display is the most vital element, and as such should evince the highest quality and standard of performance. Because an air traffic controller's task presents an unremitting burden, he should have at his disposal a display which optimises the man-machine interface in terms of presentation, clarity, accuracy and ease of data input and control.

Both technically and operationally the display has to meet a very high standard of reliability to safeguard continuity: 24-hour operation per day and 365-day operation per year.

The type of display required depends on:

- the nature and form of the data to be presented
- the performance required and the technical state of the art
- the organisational structure of an ATC centre
- developments expected in the near future.

But whatever type of display may be embodied in an ATC system, the human operator is still the most effective, most flexible, most economical and most reliable observer. It is around him that the ATC system, and particularly the display system, has to be engineered.

*Man-machine relation*

The human operator and his display unit should ideally form an integral unit. In modern ATC systems the human controller is confronted with a computer-driven

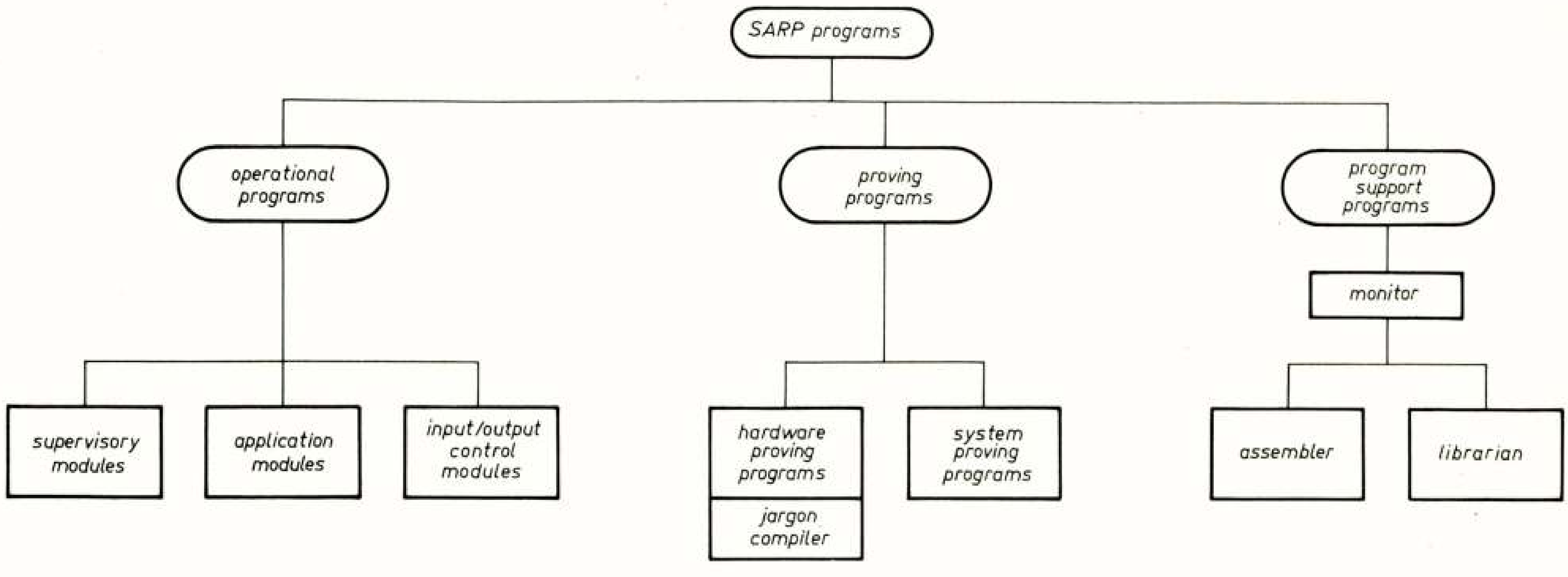



Fig. 6. Software package

display, and his manual operation is replaced by computer inputting. Instead of improvising he will have to conform to firm rules governing the working procedure, and this means that procedures have to be standardised.

The controller must not be forced to acquire new skills or add complicated manipulations to his repertory, but it is important that, when he shifts from the manual to the computer method, this does not involve any significant change in his work pattern. Another major objective in the design of computer-controlled ATC display systems may be formulated in terms of the following requirements:

a The process logic, and the way in which its display enables the controller to communicate with the computer, should be basically the same for all systems

b The display computer must conform to the controller's actions, serving the controller rather than being served by him

c The computer should include a tellback capability enabling the controller to verify all inputs on his display before okaying their processing.

Generally, the computer should alert the controller via the display on actions required, telling him without ambiguity what action is to be initiated. This means that, among the many decisions which govern the system logic, some are left to the controller and demand certain unambiguous procedures.

## 5 New display

To satisfy all these demands and also to meet the stringent requirements laid down by the Netherlands Civil Aviation Authorities, SIGNAAL have managed to design in a rather short period of time a random-access bright display to feature as part of the display subsystem.

The tasks of the display subsystem are roughly the following:

- to display data on the 23″ synthetic plan displays
- to process inputs made by controllers
- to operate in the back-up mode if the main computer subsystem, despite all duplication and reliability, should break down.

Eight satellite computers for specific display control are used, each serving two displays. The connection scheme used ensures that a breakdown of a satellite computer will never incapacitate the two displays of one ATC sector simultaneously. Upon such a computer failure, the air traffic controller affected can transfer his control function to an unused display through a simple keyboard input. Any display not included in the present operational configuration may be selected for this transfer.

The change-over is effected within seconds after inputting the relevant instruction. Since a satellite computer contains all the data for flights handled at a particular operational console, it is possible to obtain a very fast response of flight data to inputs made. The object of this is to minimise the time an air traffic controller has to devote to inputting and input verification.

In addition to the information originating from the main computer complex, the satellite computers receive data and direction-finder information from a direct video link (DVL). Normally, a satellite computer only processes the direction-finder information. If, however, the main computer complex should break down, it also processes the radar information from the DVL. Main computer failure, therefore, does not interrupt the display of synthetic radar on the screens.

Before concluding this description, a summary will be given of the kind of data displayed.

## 5.1 Information displayed

The display information in which an air traffic controller is primarily interested is that giving the positions of aircraft. It is derived by the system from the radar data. Position information can be displayed in four distinct ways:

- as primary plots
- as secondary plots and unidentified tracks
- as identified tracks
- as tracks under control.

By a plot is understood a position display directly controlled by the incoming radar data. Each plot represents an object measured by radar.

A distinction was made above between primary and secondary plots.

Primary plots originate from a primary radar (operating on the echo principle) and are displayed as □. Secondary plots originate from signals which an aircraft equipped with an SSR transponder transmits in response to interrogation by a secondary radar. Such plots are displayed as ⊠.

The plot information received is processed by the system in a tracking procedure which serves two purposes. The first purpose is to filter secondary plot information originating from aircraft using a military SSR code. Filtered plots are simply displayed and not subjected to subsequent processing. The second purpose of the tracking procedure is to convert the remaining plots into tracks.

Plots that cannot be processed are displayed as primary or secondary plots. If a plot can be processed into a track, an attempt is also made to correlate the track with a flight plan, a process called identification. If correlation attempts fail, the track is termed 'unidentified'. Such plots are displayed by normal secondary plot symbols. An identified track is displayed initially as ✳. Once an identified track has been brought under control by an air traffic controller, it may be represented by a variety of under-control symbols, depending on the function performed by the executive radar controller in charge. Examples of under-control symbols are:

○ director

◇ departure controller

[1] red east sector (sector 1)

[6] lake stack (sector 6)

The persistence of the phosphor used for the display screens is so short that – if no special measures were taken – a moving plot would not drag an afterglow trail behind

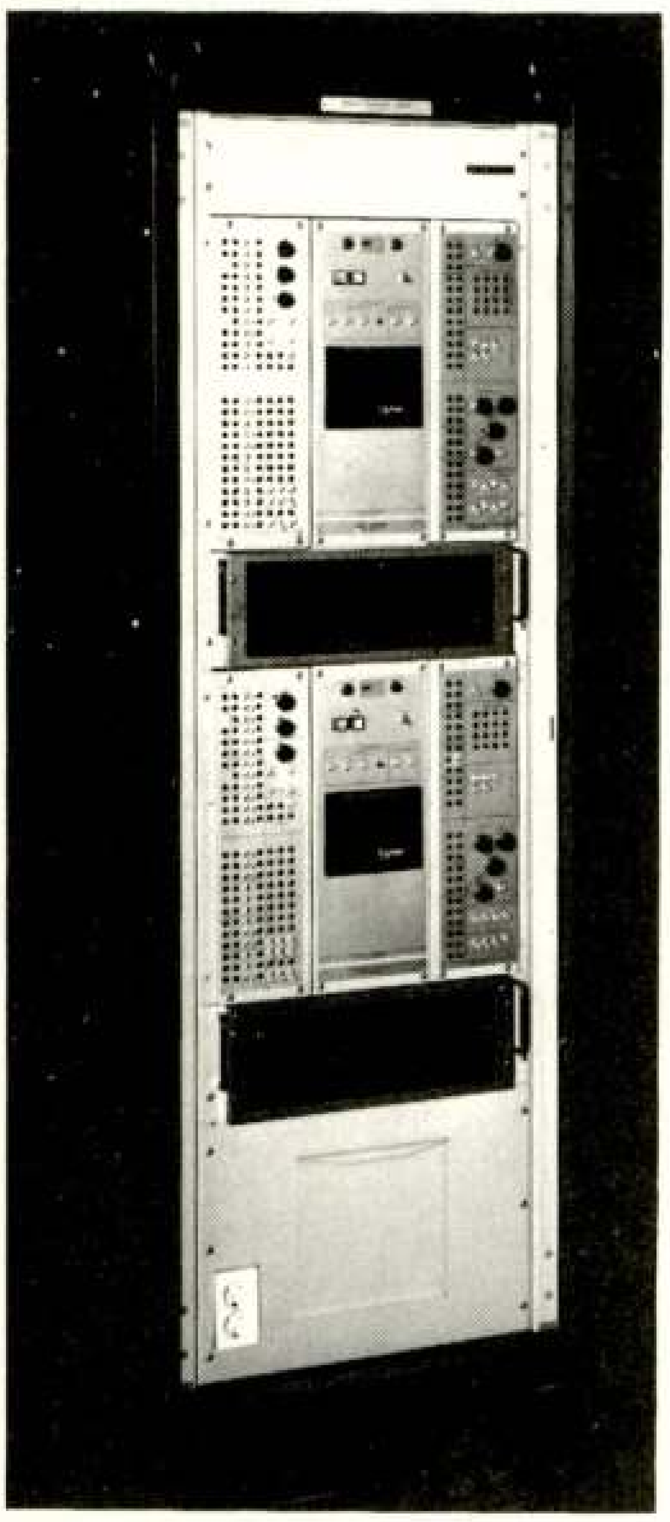


Fig. 7. The display computer cabinet comprising two type SMR-S mini-computers with appropriate interfaces

it. In order to produce some sort of 'trail', however, the plot and track positions are stored in the satellite computer during a number of antenna revolutions and displayed as dots (artificial afterglow).
Because identified tracks are related to a flight plan in the computer, this provides the possibility to display flight information together with the associated position information.

### 5.2 Labels

The display of position information is of the highest importance, so it is good practice not to clutter up the screen with an excess of flight information symbols. To achieve this, only the most essential flight plan data is added to the track position in the form of a block of alphanumeric information consisting of three lines of 7 characters each. Such an array of characters is called a label. Each label is connected to the corresponding track by a short leader line.
The combination of the track symbol, leader and label is displayed every antenna revolution in the direction of movement of the aircraft.
In addition tabulated alphanumeric data and video map information are displayed. The video map usually presents the route structure for the moving aircraft.

### 5.3 Light pen

A light pen (see Fig. 3) enables the controller to indicate information displayed. This accessory – designed as a pen – reacts to light radiated by the display. The display and the computer together determine what item is being pointed at by the light pen and respond by initiating an appropriate process. If the item is not light-pen-sensitive, the computer will not respond. Light-pen sensitivity is controlled by the software.
As a rule certain symbol categories (aircraft symbols) will be sensitive whereas other categories (for example, map lines) will not. Operationally the light pen offers many advantages, one of which is the speed with which it permits entries to be made into the system.
The principal ATC functions are displayed in the form of a tabular block. A software action can be started by just designating a function with the light-pen. By thus making inputs right at the display, the actuation of keys on a keyboard can be avoided.

## 6 Conclusion

SIGNAAL have produced various ATC data processing systems now in operational use, and continue their efforts in marketing radar systems meeting the latest requirements. They have complete ATC packages available for inclusion in turn-key projects for which they are prepared to take full system responsibility.
SIGNAAL will continue to pay full attention to the operational aspects of air traffic control, being convinced that the design and production of costly ATC systems require a profound knowledge of the operational and technical problems to be solved.

## 7 Acknowledgement

The author and editor gratefully acknowledge the supply of information for this article by the Netherlands Civil Aviation Department (RLD).

## 8 References

1 A. H. Brands: The random access bright display, *Philips Telecommunication Review*, Vol. 32, 1974, 128-139 (No. 3)
2 E. C. Priebee: Radar systems for air traffic control, *Philips Telecommunication Review*, Vol. 32, 1974, 140-154 (No. 3)

RADAR VOOR MODERNE LUCHTVERKEERSLEIDINGSSYSTEMEN

W.C. STOKHOF
HOLLANDSE SIGNAALAPPARATEN B.V.

Modern air traffic control systems have to rely more and more on primary radar information. In addition, the need to process the incoming radar data automatically is strongly felt. Therefore the design of the radar sensor must be aimed at automatic data processing with the emphasis on the suppression of unwanted echo signals. Another important aspect is the dual-function capability of the radar, which permits the use of one and the same radar for terminal area control and air route surveillance. This article discusses the design considerations of such a radar and investigates the merits of L-band frequencies, coherent radar, the travelling-wave tube used as a transmitter, pulse compression and the dual beam antenna. In conclusion, an existing radar design is presented.

## INLEIDING

### Taak en Toepassing van Radar

Radar begint een steeds belangrijker rol te spelen in de luchtverkeersregeling.

Voor de uitoefening van zijn taak dient de luchtverkeersleider uiteraard te weten waar de verschillende verkeersdeelnemers zich bevinden.
Zonder radarinformatie is hij hiervoor aangewezen op informatie uit vluchtplannen, positiemeldingen door de vlieger per radio, e.d. Het zal duidelijk zijn dat in dit geval de positie van een vliegtuig niet erg nauwkeurig bekend zal zijn. Een van de consequenties hiervan is dat bij het afwikkelen van de verkeersstroom grote afstanden (zowel horizontaal als verticaal) tussen de verschillende vliegtuigen gehandhaafd moeten worden.
Hierdoor wordt dus de capaciteit van het luchtruim beperkt. Het eerst doet deze beperking zich gevoelen in het naderingsgebied rond een vliegveld, waar een concentratie van luchtverkeer is.
Maar ook in de luchtwegen beperkt een grote spatiëring de capaciteit. Met nauwkeuriger positiegegevens is een kleinere spatiëring mogelijk, waardoor de capaciteit vergroot wordt.

Radar is het aangewezen middel om nauwkeurige informatie te krijgen over de positie van vliegtuigen. Een onderscheid moet hierbij gemaakt worden tussen:
- de primaire radar: dit is de klassieke radar waarbij pulsen van hoogfrequent energie in een smalle, relatief langzaam ronddraaiende bundel worden uitgestraald. Uit de richting en het tijdstip van ontvangst van een echo kan de positie van een reflecterend object worden bepaald.
- de secundaire radar: ook hier worden pulsen uitgezonden, echter niet met het oogmerk om echo's te ontvangen, maar om een in het vliegtuig aanwezige zender te activeren. Men noemt dit "ondervragen". Het "antwoord" van de vliegtuigzender (transponder) bestaat uit een gecodeerde pulsreeks.
Hierdoor is het mogelijk om naast de positie van het vliegtuig ook andere informatie te verkrijgen; bij de huidige systemen zijn dit identiteit en hoogte.

Hoewel de secundaire radar meer informatie kan verschaffen dan de primaire, kan de laatste toch absoluut niet gemist worden en wel om de volgende redenen:
- wegens noodzakelijke compromissen in het ontwerp van de secundaire radar is de positienauwkeurigheid veelal onvoldoende;
- ondanks het feit dat secundaire radar verplicht gesteld is voor verkeersvliegtuigen komt het voor dat de transponder niet aan boord is of niet werkt, dan is alleen primaire radar bruikbaar omdat hierbij geen actieve medewerking van het vliegtuig nodig is.

Dit artikel beperkt zich verder uitsluitend tot de primaire radar.

### Ontwerpoverwegingen voor Primaire Radar

De relatie tussen radar en de moderne luchtverkeersleidingssystemen kan als volgt worden samengevat:
- er is een steeds toenemende afhankelijkheid van radar;
- de hoeveelheid verkregen radarinformatie wordt steeds groter;
- er is een groeiende noodzaak tot automatische verwerking van radargegevens;
- de wens leeft om radarfuncties te combineren om zo de hoeveelheid apparatuur en daarmede de kosten te beperken.

Uit het voorgaande kunnen de drie hoofdeisen worden afgeleid waaraan een moderne luchtverkeersleidingsradar zal moeten voldoen:

- de radar moet zowel geschikt zijn voor het overzicht van het verkeer in de luchtwegen als voor de controle van het verkeer in het naderingsgebied van het vliegveld. Door de combinatie van deze twee functies spaart men a.h.w. een radar uit, waardoor de kosten gedrukt worden.
- de radar moet ongewenste echo's maximaal kunnen onderdrukken. Dit betreft dan hoofdzakelijk de echo's van regenwolken en van grondecho's, alsmede de zgn. "flying angels". Deze eis is een absolute noodzaak, want zonder maximale onderdrukking van ongewenste echo's is automatische verwerking van radarinformatie onmogelijk.
- de radar moet een zeer hoge graad van betrouwbaarheid hebben i.v.m. de grote afhankelijkheid van het verkeersleidingsgebeuren van de radar.

Worden nu deze functionele hoofdeisen vertaald in technische ontwerpeisen dan ontstaat dit lijstje van gewenste technische eigenschappen:

- een groot pulsvermogen. Hoe groter het vermogen, hoe groter de reikwijdte en deze grote reikwijdte is nodig om een overzicht te krijgen van de luchtwegen.
- een groot oplossend vermogen. De radar moet in staat zijn om betrekkelijk dicht bij elkaar vliegende vliegtuigen te onderscheiden.
  Dit is vooral van belang in vliegveldnaderingsgebieden omdat daar de verkeersdichtheid het grootst is.
- een korte minimumafstand, d.w.z. dat de afstand waarop de radar nog objecten kan waarnemen zo klein mogelijk moet zijn. Dit is vooral van belang wanneer de radar zich op, of in de directe omgeving van, het vliegveld bevindt, om vliegtuigen te kunnen waarnemen tot vlak voor de landing en direct na de start.
- een kleine resolutiecel. Dit is a.h.w. de "korrel" van de radar; twee objecten binnen één resolutiecel kunnen niet onderscheiden worden.
  Een kleine resolutiecel wordt verkregen door gebruik te maken van een smalle antennebundel en een korte zendpuls. Het is duidelijk dat de afmeting van de resolutiecel rechtstreeks maatgevend is voor het reeds genoemde oplossend vermogen. Er is echter nog een reden waarom een kleine resolutiecel van vitaal belang is. Zoals gezegd kunnen binnen een resolutiecel meerdere objecten niet meer onderscheiden worden. Dit betekent dat echo's van deze objecten binnen de cel gelijktijdig in de ontvanger aanwezig zullen zijn.
  Dit betreft dan zowel de gewenste echo's van een vliegtuig als de ongewenste echo's van regen of grond, in de wandeling "clutter" genoemd. De sterkte van regen- en grondclutter is afhankelijk van respectievelijk het regenvolume en het grondoppervlak binnen de resolutiecel. Daarom: hoe kleiner de cel, hoe beter de "signaal/clutter verhouding", hetgeen van groot belang is voor de automatische verwerking van de radarsignalen.
- effectieve anti-clutter voorzieningen. Het behoeft nu verder geen betoog dat alles gedaan moet worden om ongewenste signalen uit het radaruitgangssignaal te weren. Daartoe moeten er in de radar voorzieningen getroffen worden, die enerzijds de kans op ontvangst van clutter verkleinen en anderzijds de toch nog in het ontvangen signaal aanwezige clutter onderdrukken.
- een op betrouwbaarheid gericht modulair ontwerp. Dit wordt verkregen door het toepassen van componenten met een lange levensduur, een kleine belasting van componenten, het ontwerpen van eenvoudig uit te wisselen eenheden, het inbouwen van zelftest procedures met automatische signalering en overschakeling bij geduplіceerde circuits, en nog veel meer, hetgeen echter buiten het bestek van dit artikel ligt.

## HET RADARONTWERP

De hedendaagse radartechnologie maakt het mogelijk de genoemde technische eigenschappen te realiseren in een ontwerp dat kan worden omschreven als "een coherente L-band radar met een travelling-wave tube als zendbuis en gebruikmakend van een dubbele-bundel antenne". De verschillende begrippen zullen hierna worden toegelicht.

### Golflengte in de L-band

Het eerste waar een radarontwerper mee geconfronteerd wordt is de keuze van de golflengte. In het onderhavige geval is sprake van een middellange- tot langeafstand radar en daarvoor zijn de golflengten 23 cm (L-band, ca. 1300 MHz) en 10 cm (S-band, ca. 3000 MHz) populair. Kortere golflengten zijn onbruikbaar wegens de te grote atmosferische demping. Langere golflengten worden onpractisch wegens te grote antenne afmetingen. De keuze tussen de L-band en de S-band is tamelijk onbelangrijk voor wat betreft de radarreikwijdte. Zij wordt daarom bepaald door de reeds vaak genoemde noodzaak om ongewenste signalen zoveel mogelijk te voorkomen. Dan blijkt de L-band in het voordeel om de volgende reden. Het radar-reflecterend oppervlak van kleine objecten (d.w.z. klein t.o.v. de golflengte) is omgekeerd evenredig met de vierde macht van de golflengte. Daarom zullen regenecho's van een L-band radar zwakker zijn dan die van een S-band radar. Hetzelfde geldt voor de zgn. "flying angels". Dit is de naam die de radarbedieners van het eerste uur gaven aan echo's van kennelijk bewegende objecten, die ze niet konden verklaren. Later is gebleken dat deze

echo's afkomstig zijn van vogels en vogelzwermen, insecten en kleine storingen in de luchtlagen.
Gezien de relatief kleine afmetingen van deze objecten zal een L-band radar er minder gevoelig voor zijn.

Coherente Radar

Alvorens hier dieper op in te gaan, dient eerst in het kort het principe verklaard te worden van de "Moving Target Indication" schakeling (kortweg MTI), een van de belangrijkste maatregelen ter onderdrukking van grondclutter.
Bij MTI wordt gebruik gemaakt van het doppler effect. In een radarecho van een bewegend object zal een frequentieverschuiving t.o.v. de oorspronkelijke zendfrequentie aanwezig zijn, in tegenstelling tot die van een niet-bewegend object, waar geen dopplerverschuiving van de frequentie geconstateerd kan worden. Door nu de frequentie van elke echo te vergelijken met de oorspronkelijke zendfrequentie kunnen de niet-bewegende objecten onderscheiden worden van de bewegende, en in een speciale schakeling worden onderdrukt.
De details hiervan zijn nu niet van belang, maar waar het om gaat is: het vergelijken met de zendfrequentie.

Zoals bekend is de zendpuls zelf van relatief korte duur waarna een lange ontvangperiode volgt. Gedurende de periode moet de uitgezonden frequentie op elk tijdstip beschikbaar zijn om frequentievergelijking t.b.v. MTI mogelijk te maken. De nauwkeurigheid van de gereproduceerde zendfrequentie bepaalt rechtstreeks de mate van onderdrukking van de niet-bewegende objecten (grondclutter). Hier nu ligt het verschil tussen een coherente en een niet-coherente radar. Het woord "coherent", dat eigenlijk "samenhangend" betekent, slaat hier op de al of niet aanwezige samenhang in tijd-frequentie- en fase-relatie van de opeenvolgende zendpulsen en de verschillende hulpsignalen.

Het blokschema van een niet-coherente radar is getekend in figuur 1.

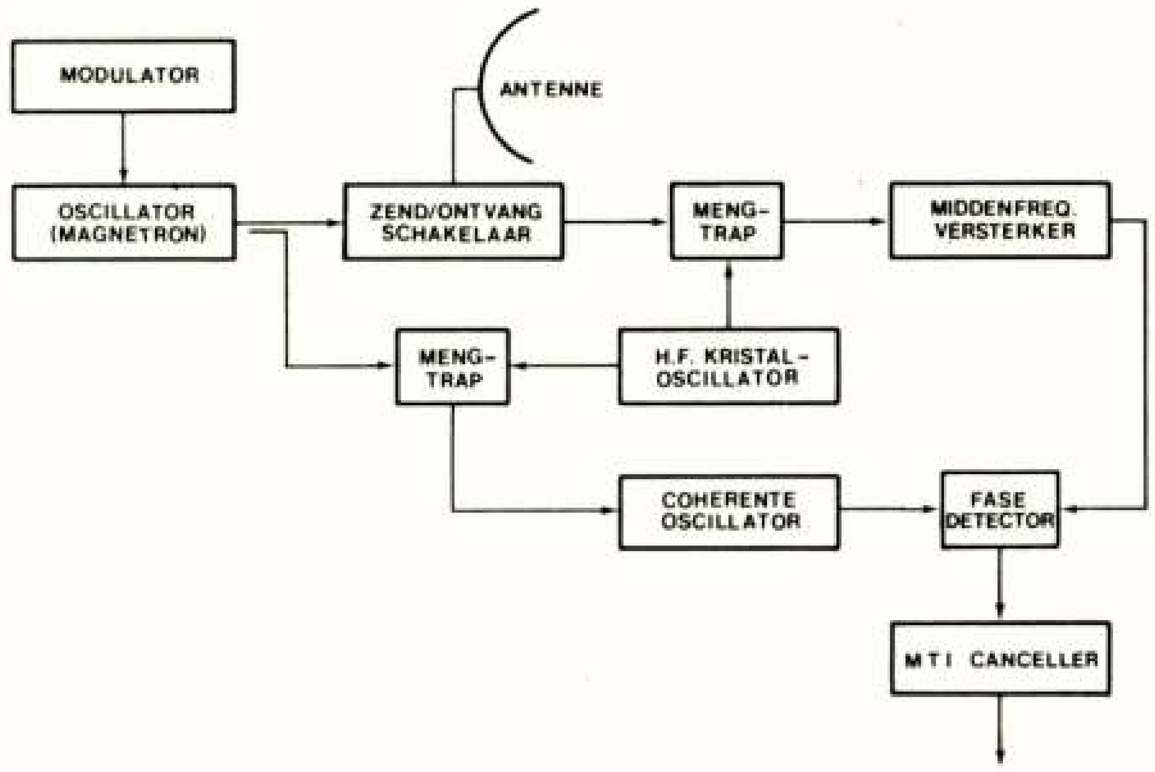



fig. 1. Blokschema niet Coherente Radar.

De door de modulator geschakelde hoogvermogen oscillator, meestal een magnetron, genereert de hoogfrequentpuls die via de zend/ontvangschakelaar naar de antenna wordt geleid en daar wordt uitgestraald. Door de antenne opgevangen echo's gaan via de zend/ontvangschakelaar naar een mengtrap waar de frequentie omlaag wordt getransformeerd naar een handzame waarde (b.v. 30 MHz). Na versterking wordt het signaal toegevoerd aan een fasedetector.

Het hulposcillatorsignaal voor de mengtrap is afkomstig van een hoogfrequentkristaloscillator. Dit signaal wordt eveneens gebruikt in een tweede mengschakeling voor het omlaag transformeren van de frequentie van de zendpuls. De hieruit resulterende 30 MHz puls wordt toegevoerd aan een coherente oscillator die "in de pas" met deze puls gaat en blijft oscilleren. Als zodanig levert de coherente oscillator dus het zendreferentiesignaal voor de fasedetector.
Het uitgangssignaal hiervan is constant in amplitude voor de opeenvolgende echo's van een niet-bewegend object, daar hier geen dopplerverschuiving optreedt en het echosignaal dus steeds dezelfde fase heeft. Voor de echo's van een bewegend doel wordt daarentegen wel telkens een faseverschil geconstateerd zodat het uitgangssignaal van de fasedetector in amplitude gemoduleerd zal zijn, waarbij de modulatiefrequentie in principe gelijk is aan de dopplerfrequentie.
Via een aftrekproces in de zgn. "canceller" worden de fasedetectorsignalen van niet-bewegende objecten onderdrukt.

Dit radarontwerp wordt niet-coherent genoemd omdat er geen fasecoherentie is tussen de opeenvolgende zendpulsen, daar de beginfase van het magnetron willekeurig is. Het gevolg hiervan is dat voor iedere zendpuls opnieuw het fase- en frequentie-coherente referentiesignaal voor de fasedetector moet worden opgebouwd. De zwakke punten van het ontwerp liggen bij het magnetron en de coherente oscillator. Een geringe instabiliteit van het magnetron tijdens het opwekken van de hoogfrequentpuls en een gering verloop van de coherente oscillator tijdens de ontvangperiode zullen de MTI-prestaties zeer nadelig beïnvloeden.

Dit is vrijwel geheel ondervangen in het coherente radarontwerp waarvan figuur 2 het blokschema toont.

De verschillen met een niet-coherente radar zijn de volgende. Het magnetron (een oscillator!) is vervangen door een hoogfrequentversterker. Het ingangssignaal voor deze versterker is het mengproduct van de HF kristaloscillator en een 30 MHz kristaloscillator. Deze laatste levert eveneens het referen-

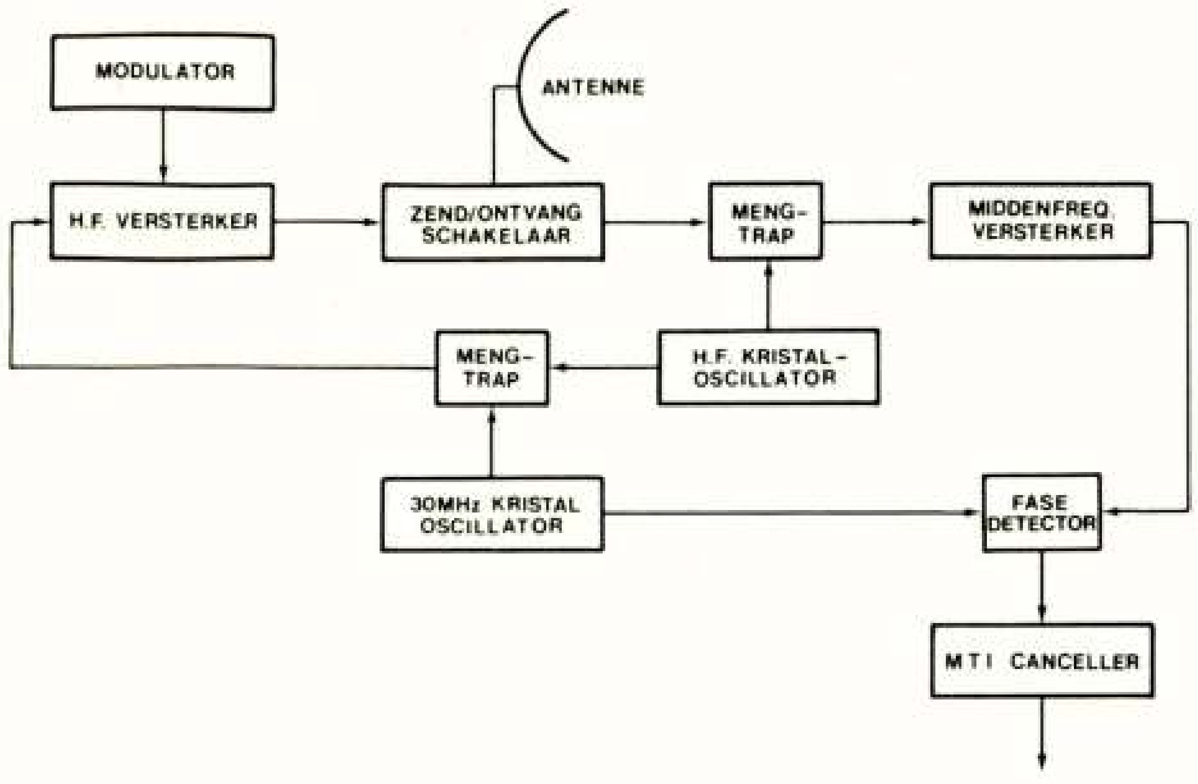



fig. 2. Blokschema Coherente Radar.

tiesignaal voor de fasedetector. Dat dit ontwerp "coherent" is behoeft verder geen betoog. De fase- en frequentiestabiliteit wordt vrijwel uitsluitend bepaald door de kristaloscillatoren en is daarom van een dusdanige kwaliteit dat zij niet meer limiterend werkt op de MTI-prestaties.

Travelling-Wave Tube als Zendbuis

Voor de HF versterker in het blokschema van figuur 2 zijn verschillende microgolfversterkers mogelijk, maar de travelling-wave tube (TWT) verdient de voorkeur. Een TWT of lopende-golfbuis is een "interaction" versterker, waarbij de versterking tot stand komt door de wisselwerking tussen een lopende golf in een "slow wave structure" en een daar doorheen geschoten electronenstraal. De TWT heeft een aantal eigenschappen die hem bij uitstek geschikt maken voor het beoogde doel:

- de TWT heeft een grote versterking, ca. 100.000 of te wel 50 dB. Daarom is geen vermogensversterker nodig om de TWT te sturen en kan met een ingangssignaal van laag vermogen worden volstaan (1 à 2 Watt).
- de TWT heeft een grote bandbreedte, waardoor er grote vrijheid bestaat in het kiezen van de werkfrequentie(s) zonder dat enige afstemprocedure nodig is.
- de TWT heeft een modulatierooster waardoor een eenvoudige laag-vermogen modulator de buis kan sturen, zonder dat in de 40 kV hoogspanning geschakeld behoeft te worden.
- de TWT is betrouwbaar en heeft een lange levensduur. Een gebruiksduur van 20.000 uur is geen uitzondering.
- de TWT heeft een zeer grote fasestabiliteit hetgeen, zoals reeds eerder vermeld, van vitaal belang is voor een goede werking van de MTI.
- de TWT levert een hoog gemiddeld uitgangsvermogen bij een relatief laag pulsvermogen.

De laatste eigenschap bergt een aantal voordelen in zich doch heeft ook zekere consequencies, zodat een nadere beschouwing de moeite waard is.

Vermogenshuishouding. De TWT levert gemiddeld uitgangsvermogen van ca. 5,2 kW bij een pulsvermogen van 150 kW, een pulslengte van 70 microsec en een pulsherhalingsfrequentie van 500 Hz. Bij een vergelijkbaar magnetron, uitgangsvermogen 3 kW, behoort een pulsvermogen van 1,2 Megawatt bij een pulslengte van 6 microsec en een pulsherhalingsfrequentie van 500 Hz.

Duidelijk blijkt het grote verschil in pulsvermogen. De TWT is hier in het voordeel want een laag pulsvermogen betekent dat in het golfpijpsysteem van zender naar antenne geen speciale maatregelen behoeven te worden getroffen om electrische overslag te voorkomen. Deze maatregelen bestaan o.m. uit: golfpijpen drogen met lucht onder druk (2 à 3 ato), zeer nauwkeurige fabricage van critische componenten, gebruik van zwavelhexafluoride (SF6) als gasvulling voor critische delen.

Ook blijkt duidelijk het grote verschil in pulslengte: 70 versus 6 microsec, hetgeen consequenties heeft voor het radarontwerp:

- een pulslengte van 70 microsec komt in de ruimte overeen met een afstand van ca. 10 km; dit betekent dat twee objecten op minder dan 10 km afstand van elkaar niet meer onderscheiden kunnen worden.
- tijdens de generatie van de puls door de zender is de ontvanger geblokkeerd, hetgeen betekent dat de radar blind zou zijn voor de eerste 10 km.

Beide consequenties zijn uiteraard onaanvaardbaar en daarom zijn maatregelen getroffen.

Pulsecompressie. Dit is een techniek om middels een codering van de zendpuls de lengte van de ontvangen echopuls te reduceren tot een fractie van zijn oorspronkelijke lengte, doch met behoud van de energie-inhoud van de ontvangen puls. Een veel gebruikte methode van codering is lineaire frequentiemodulatie. Figuur 3 geeft het principe schematisch weer.

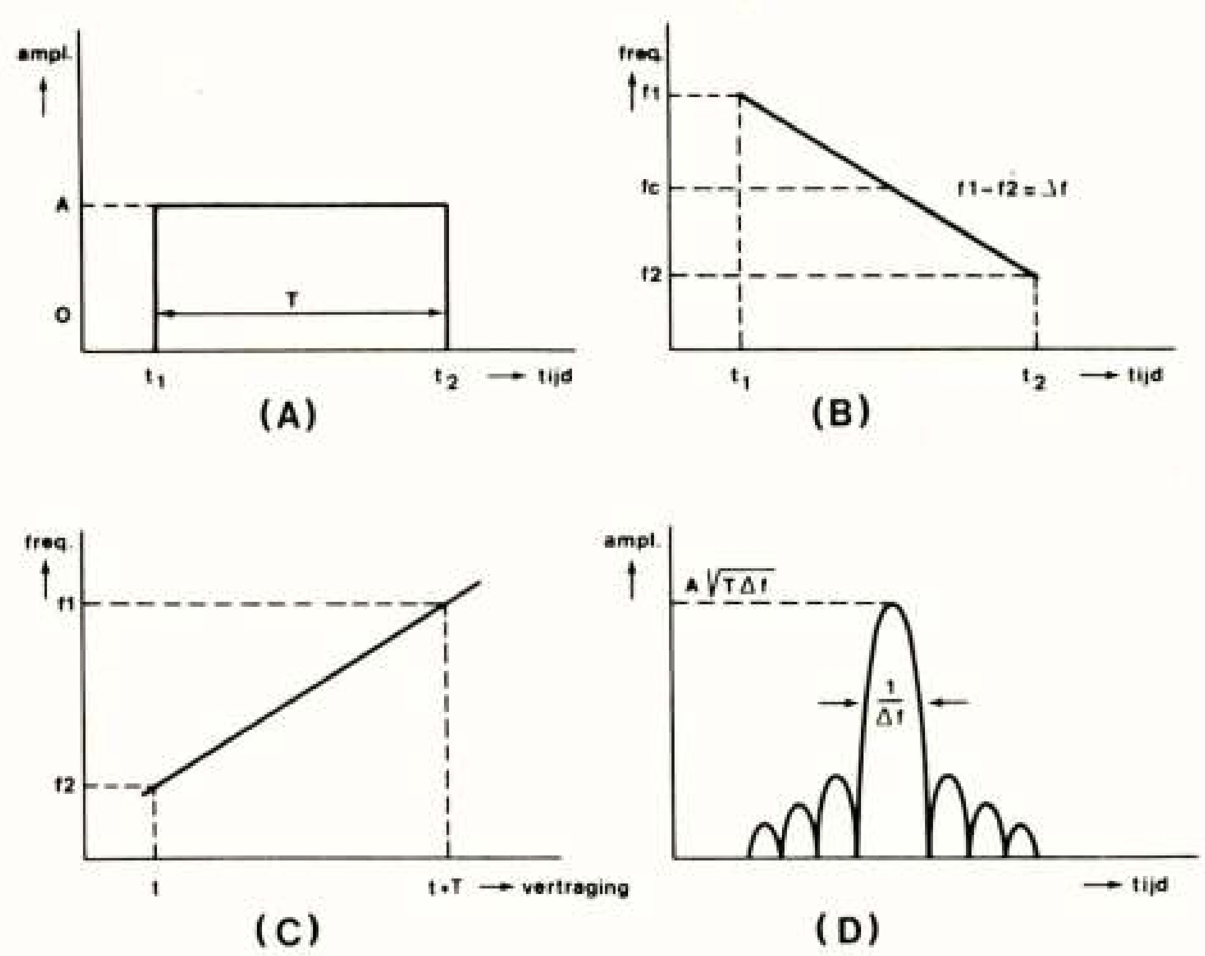



fig. 3. Pulsecompressie d.m.v. Liniaire frequentie modulatie.

Een zendpuls met een lengte T (A) wordt gemoduleerd met een frequentievariatie $\Delta f$ rond de draaggolffrequentie fc (B). De ontvangen echopuls zal dezelfde modulatie bezitten. Deze puls wordt nu gevoerd door een frequentie-afhankelijke vertragingslijn met een frequentie-tijd karakteristiek precies omgekeerd aan die van de modulatie (C). Het signaal aan de uitgang van de vertragingslijn (D) heeft een sin x/x vorm met een halfwaarde-breedte van de hoofdlus van $1/\Delta f$ en een max. amplitude van $A\sqrt{T\,\Delta f}$. De frequentie is gelijk aan de draaggolffrequentie fc, terwijl de uitgezonden frequentie modulatie $\Delta f$ verdwenen is.
Bij aanname (voor het gemak) dat de hoofdlus rechthoekig is, wordt voor de energieinhoud daarvan gevonden: $A^2T$, hetzelfde dus als voor de ongecomprimeerde puls. M.a.w., bij pulscompressie neemt het pulsvermogen toe met de compressiefactor.

Een ongewenst bijverschijnsel zijn de "tijdzijlussen" van het comprimeerde signaal, die normaal een factor 20 (13 dB) zwakker zijn dan de hoofdlus. Daar ze met dit signaalniveau storend kunnen werken, dienen ze verder verzwakt te worden. Bij onderzoek blijkt dat de grootste bijdrage aan de tijdzijlussen wordt geleverd door de hoogste en laagste frequenties van de modulatie.
Door deze uiterste frequenties te verzwakken t.o.v. de centrumfrequenties wordt het tijdzijlusniveau verlaagd ten koste van een verbreding van de hoofdlus. Dit kan gerealiseerd worden door de frequentie-afhankelijke vertragingslijn tevens een frequentie-afhankelijke verzwakking te geven. Een paar practische waarden voor een pulscompressiesysteem zijn: ongecomprimeerde pulslengte 68 microsec, frequentiemodulatie: 2,44 MHz, gecomprimeerde pulslengte: 0,6 microsec bij een tijdzijlusniveau van minus 30 dB.

In figuur 4 is aangegeven wat er gebeurt bij overlap van de ongecomprimeerde echopulsen.

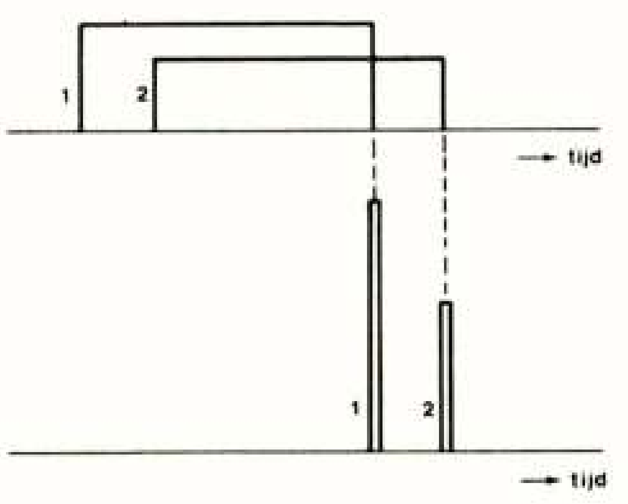



fig. 4. Scheiding van overlappende pulsen.

Hieruit blijkt duidelijk dat het oplossend vermogen van de radar nu bepaald wordt door de gecomprimeerde pulslengte.

Een zeer belangrijke eigenschap van pulscompressie is dat gecomprimeerd kan worden tot zeer korte pulslengten, hetgeen betekend een zeer kleine resolutiecel met overeenkomstige geringe clutterinhoud. Hiermede wordt weer een aanzienlijke bijdrage geleverd aan het streven om de signaal/clutter verhouding zo groot mogelijk te maken.

De voorzieningen nodig in een radar om pulscompressie mogelijk te maken zijn de reeds eerder genoemde frequentie-afhankelijke vertragingslijn en een inrichting om de zendpuls in frequentie te moduleren. Het behoeft geen betoog dat de frequentiemodulatie en de vertragingslijn-karakteristiek nauwkeurig aan elkaar aangepast dienen te zijn om optimale pulscompressie mogelijk te maken. De aanpassing zou ideaal zijn als hetzelfde element gebruikt zou kunnen worden zowel voor de generatie van de frequentiemodulatie in de zender als voor de compressie in de ontvanger. Dit geeft echter een aantal schakeltechnische problemen die het noodzakelijk maken twee aparte elementen te gebruiken. In figuur 5 is het blokschema van een pulscompressieradar getekend.

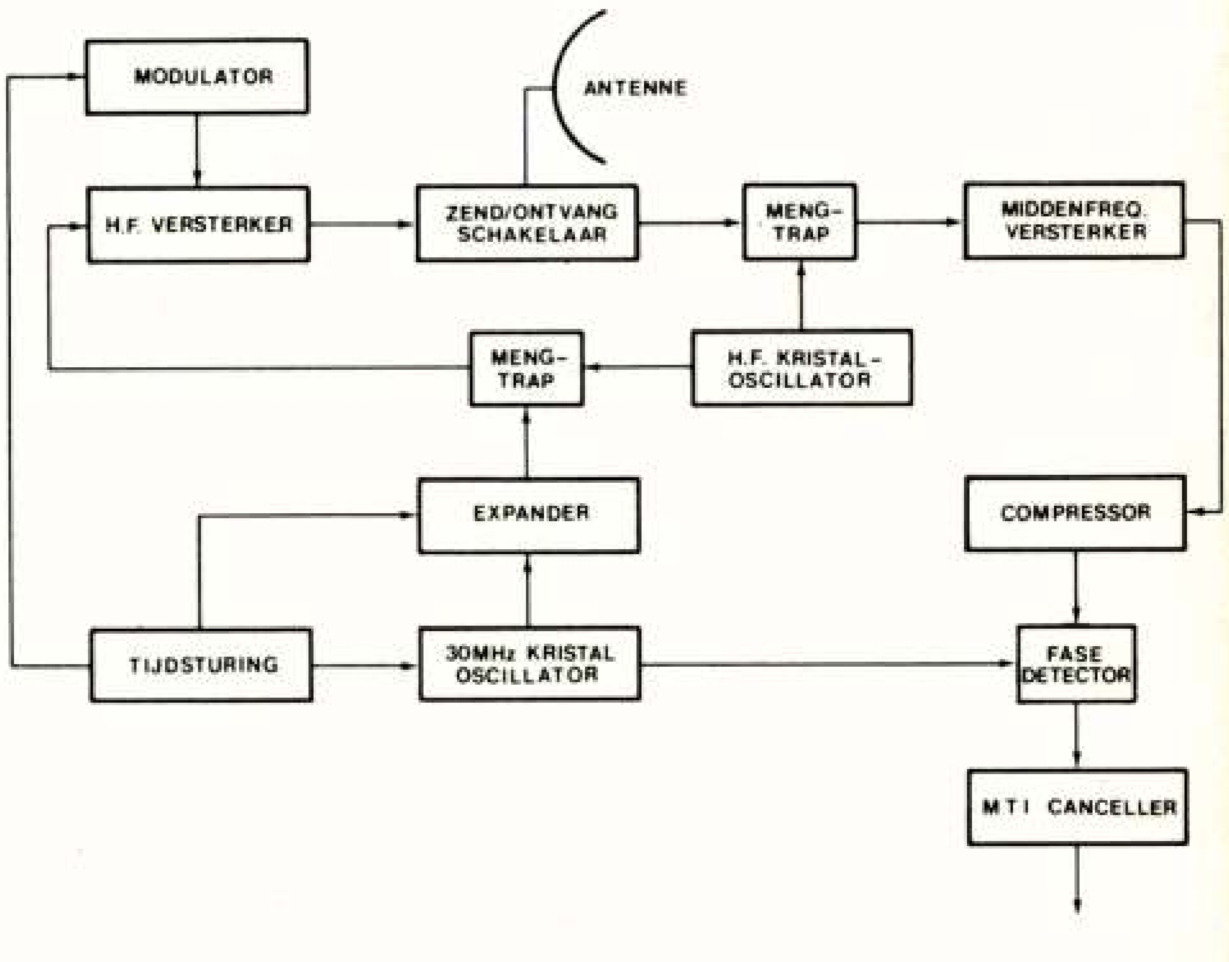



fig. 5. Blokschema pulscompressie radar.

De expander en de compressor zijn passieve elementen en bestaan uit "surface wave acoustic delay lines". Met de huidige nauwkeurige fabricagetechnieken is het mogelijk de vertragingslijnen binnen zeer nauwe toleranties aan elkaar gelijk te maken, waarmede de gewenste aanpassing verkregen wordt.

De expander wordt middels de tijdsturing aangestoten door een korte 30 MHz puls en het uitgangssignaal, bestaande uit een "lange" frequentie-gemoduleerde puls, wordt in de mengtrap gemengd met het L-band signaal van de HF kristaloscillator.
Het mengproduct wordt toegevoerd aan de TWT. De modulator "knipt" a.h.w. uit dit signaal de juiste pulslengte met de juiste frequentiemodulatie, waarna de zendpuls wordt uitgezonden. De processen die zich bij de ontvangst afspelen zijn hiervoor reeds besproken. Het zij nog vermeld dat alleen in de compressor de frequentie-afhankelijke verzwakking wordt toegepast en niet in de expander.

Rest nog de vraag of pulscompressie verenigbaar is met MTI. Het antwoord is positief, want de voor de pulscompressie benodigde modulatie wordt in de ontvanger weer exact verwijderd zonder iets toe of af te doen aan het "oorspronkelijke" signaal. Dit betekent dat een eventuele dopplerfrequentieverschuiving onaangetast in het gecomprimeerde signaal aanwezig is en in de fasedetector geconstateerd zal worden.

Een dopplerfrequentieverschuiving zal wel een tijdverschuiving van de gecomprimeerde puls ten gevolge hebben zoals af te leiden valt uit figuur 3 (C). Deze verschuiving is echter zeer gering zoals uit het volgende getallen voorbeeld blijkt. Een vliegtuig met een radiale snelheid van 900 km/u t.o.v. de radar (in L-band), zal een dopplerfrequentie veroorzaken van 2174 Hz. De overeenkomstige tijdverschuiving van de gecomprimeerde puls bedraagt ca. 60 nanosec (bij een ongecomprimeerde pulslengte van 68 microsec met een frequentie modulatie van 2,44 MHz), hetgeen een "afstandfout" oplevert van ca. 9 meter, dus verwaarloosbaar klein.

Verbetering minimum afstand. Een tweede consequentie van de lange zendpulslengte was de lange "dode" tijd van de ontvanger waardoor de radar op korte afstand niets kan waarnemen. Dit kan aanzienlijk verbeterd worden op de wijze aangegeven in figuur 6.

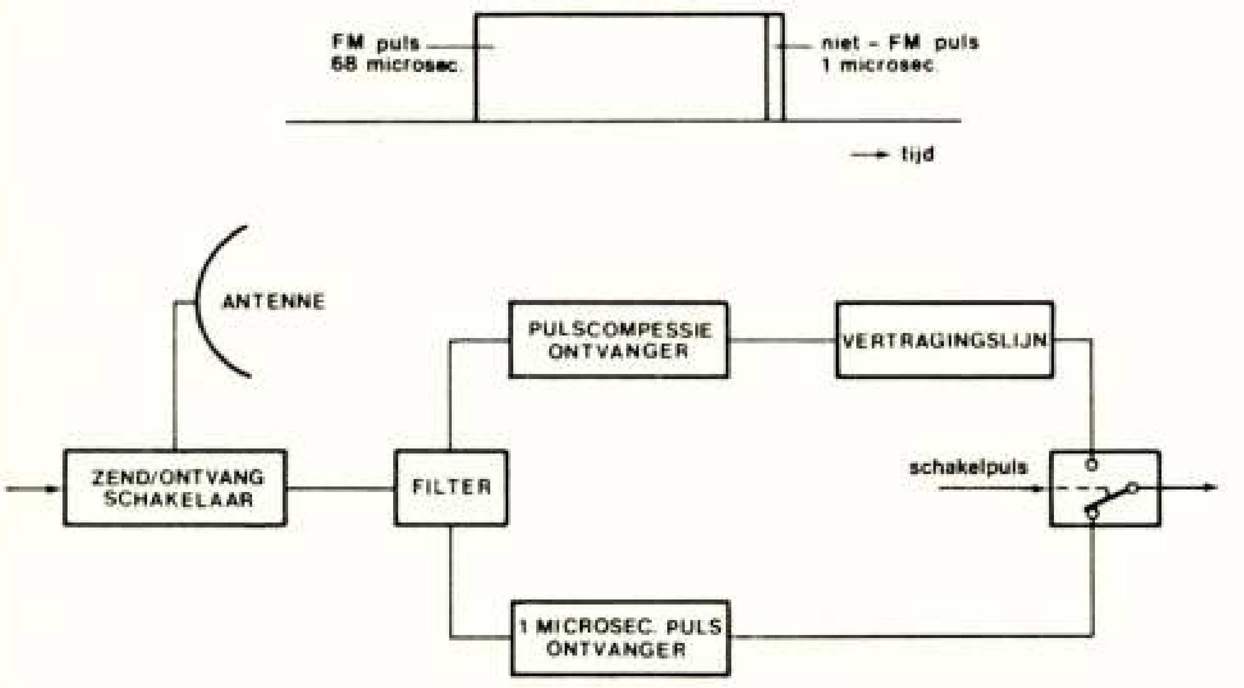



fig. 6. Verbetering minimum afstand door extra puls.

Direct na en aansluitend aan de lange frequentiegemoduleerde puls wordt een korte ongemoduleerde puls uitgezonden. De frequentie van deze puls verschilt een vast bedrag van de centrumfrequentie van de lange puls. De echo's van beide pulsen worden bij ontvangst in een filter gescheiden en vervolgens apart verwerkt. Het zal duidelijk zijn dat de minimumafstand van de korte puls aanzienlijk kleiner is dan die van de lange puls. Rekening houdend met een pulslengte van 1 microsec en een ontvanger-hersteltijd van 5 à 6 microsec, zal deze ca. 1000 meter bedragen (i.p.v. 10 km).
De uitgangssignalen van de beide ontvangers worden nu zodanig gecombineerd dat aan het begin van de luistertijd het korte-puls-signaal wordt gebruikt en daarna het gecomprimeerde lange-puls-signaal. Een snelle schakelaar zorgt voor de omschakeling onder controle van de tijdsturing. Middels een vertragingslijn worden de twee signalen in tijd opgelijnd.

Dubbele-Bundel Antenne

In figuur 7 (A) is een typisch voorbeeld van een reikwijdtediagram van een rondzoekradar getekend. Het diagram kan opgebouwd worden gedacht uit een standaardbundel met een "opvulling" aan de bovenkant (gearceerd aangegeven). Deze opvulling is nodig om het elevatiebereik te vergroten en daarmee de stiltekegel van de radar te verkleinen.

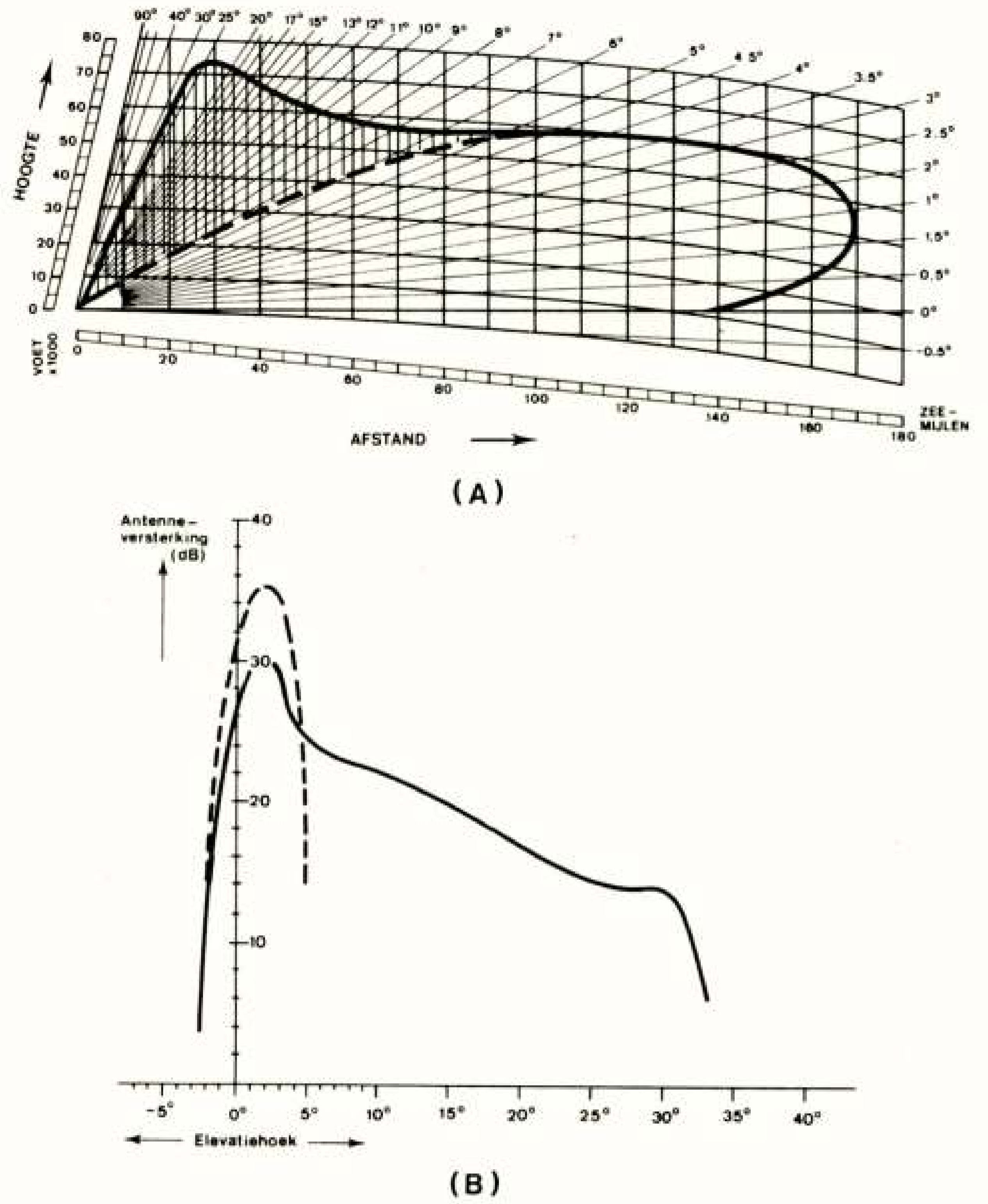



fig. 7. Reikwijdte- en antenne diagram van normale bundel.

Daar de opvulling ten koste gaat van de reikwijdte van de standaardbundel wordt zij tot het noodzakelijke beperkt.

In figuur 7 (B) is het bijbehorende antennestralingsdiagram getekend. (Gestippeld is de standaardbundel aangegeven, zonder opvulling; duidelijk blijkt het verschil in antenneversterking). Voor een goede signaal/clutter verhouding is een dergelijk antennediagram echter verre van gunstig omdat de antenneversterking op grotere elevaties, waar zich vliegtuigen zullen bevinden, veel kleiner is dan op elevatie $0^{o}$ waar zich de grondclutter bevindt. Uit dit oogpunt zou een antennediagram volgens figuur 8 (A) veel gunstiger zijn.

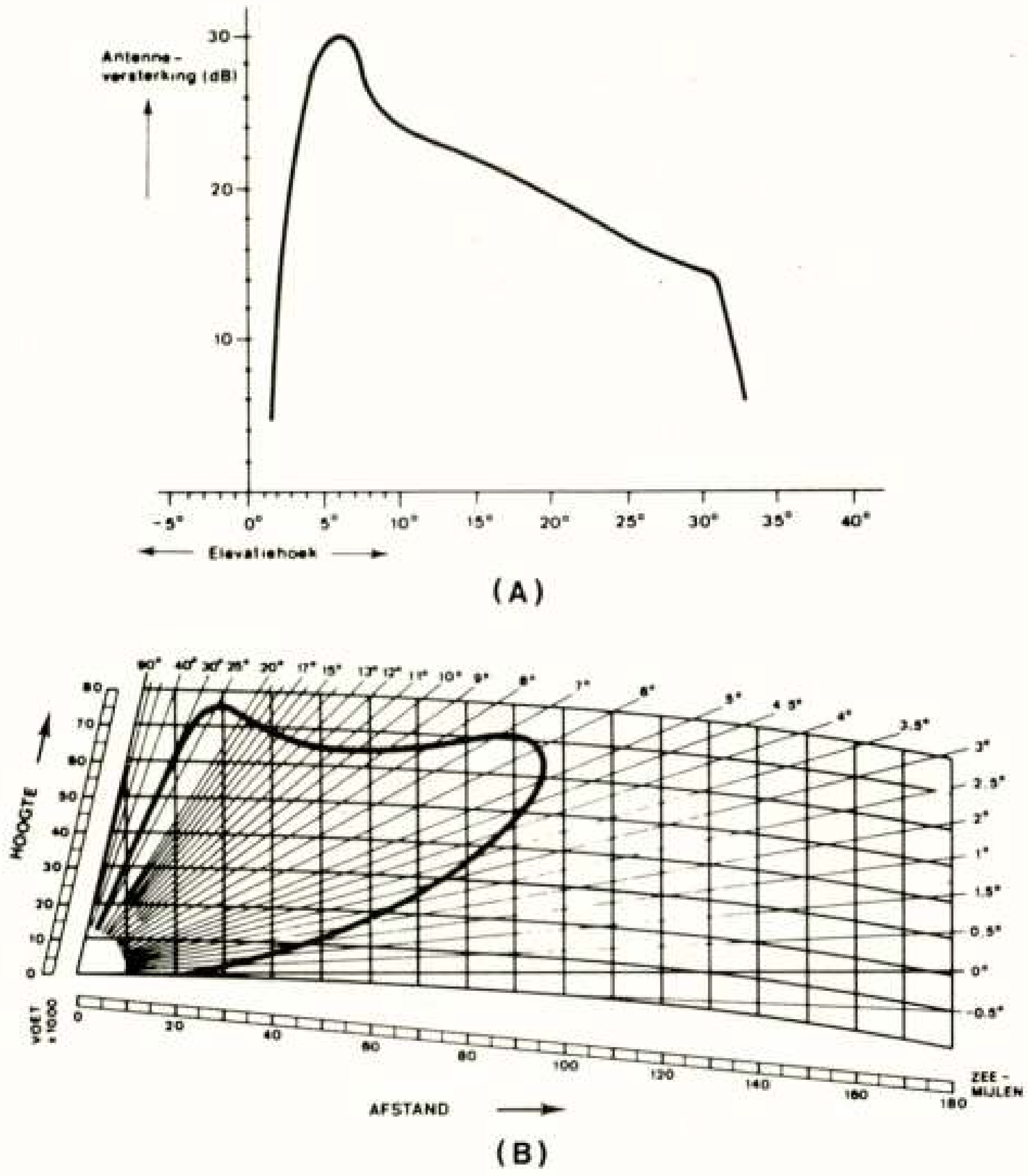



fig. 8. Antenne en reikwijdte diagram van hoge bundel.

Het hierbij behorende reikwijdtediagram (B) toont echter duidelijk het nadeel: een gering bereik op kleine elevatie. De oplossing ligt voor de hand: een combinatie van beide diagrammen in één antenne. Om deze reden is het gebruik van een dubbele-bundel-antenne zeer aan te bevelen.

Deze antenne is als volgt ingericht (figuur 9).

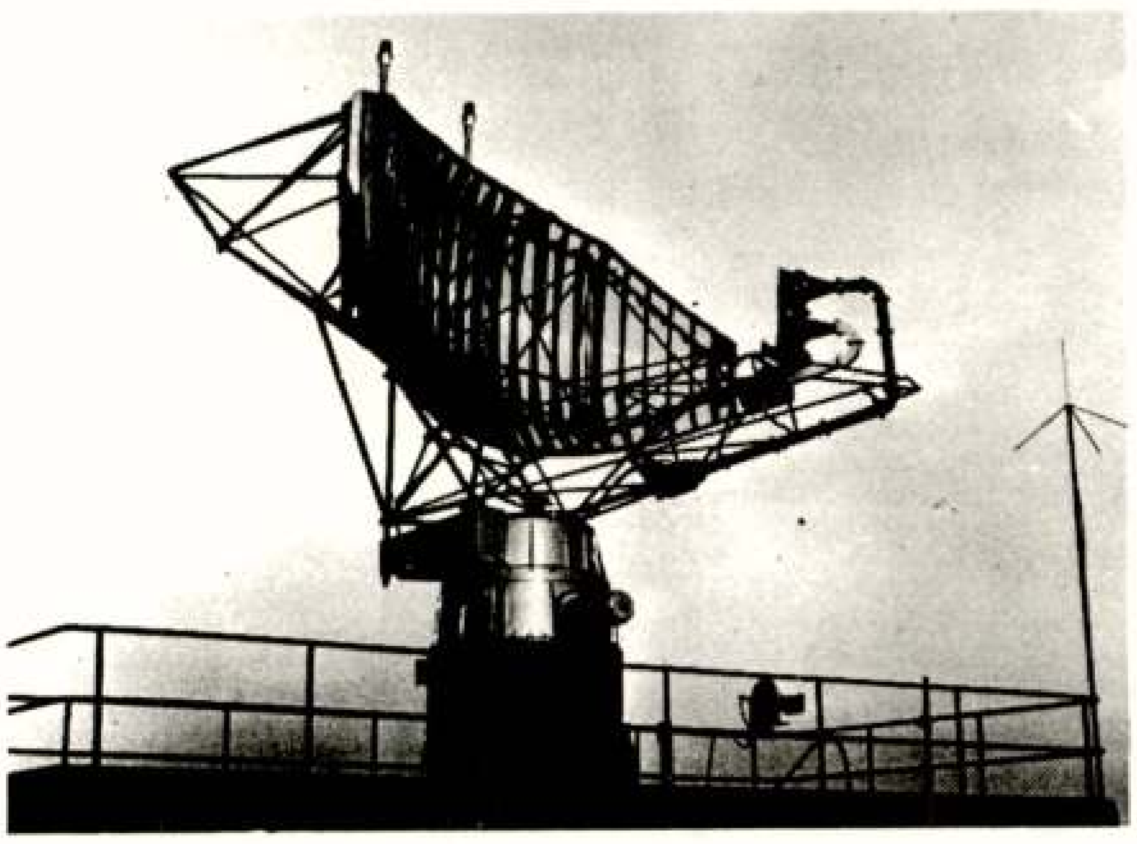


fig. 9.

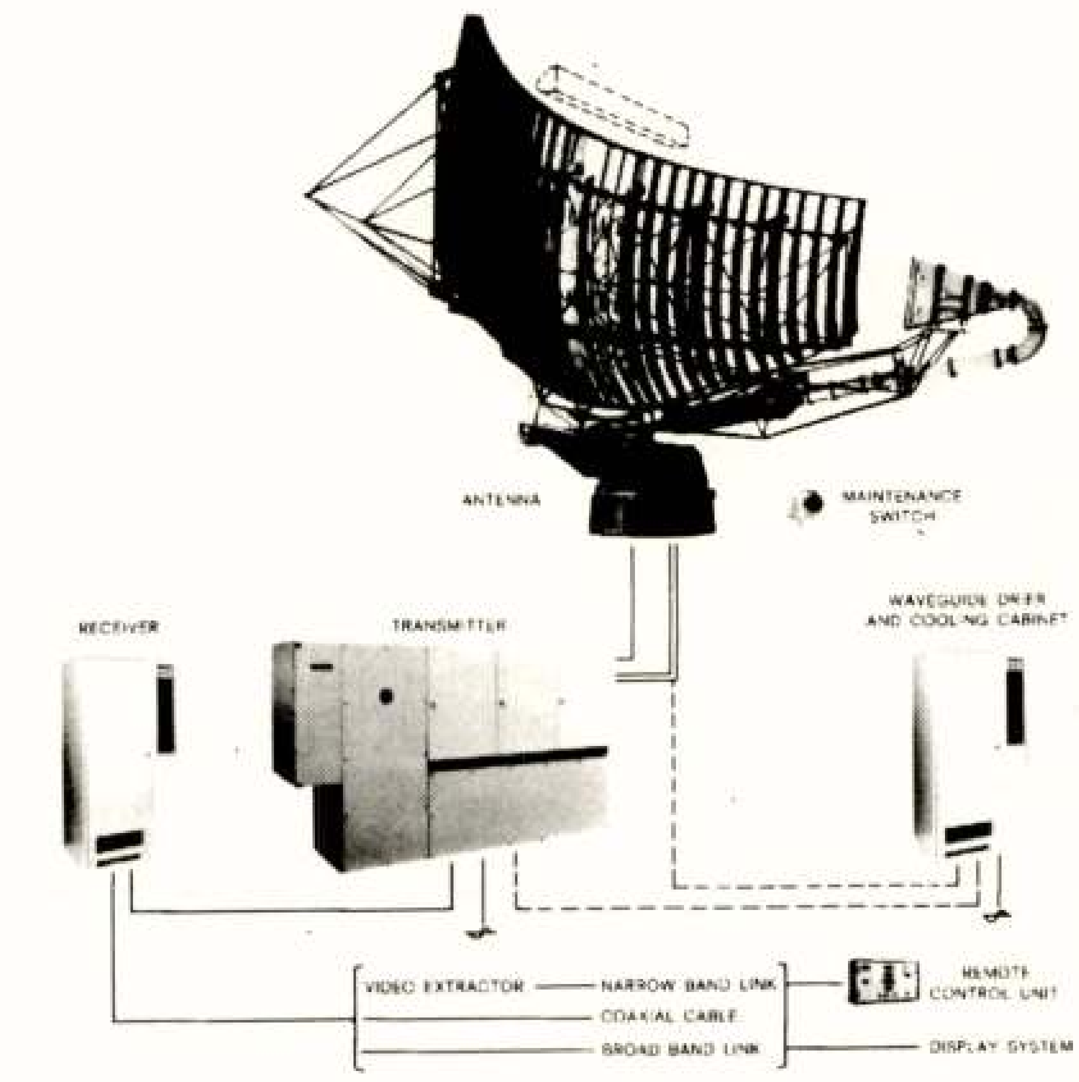
Vóór de reflector zijn twee hoornstralers boven elkaar geplaatst. Eén daarvan, de bovenste, wordt zowel voor zenden als ontvangen gebruikt en levert het diagram volgens figuur 7. De andere ontvangt alleen en levert het diagram volgens figuur 8. In de ontvanger wordt gezorgd voor een juiste samenvoeging van de signalen van beide hoornstralers.

DE LAR II RADAR

De LAR II radar van HOLLANDSE SIGNAALAPPARATEN B.V. is een luchtverkeersleidingsradar ontwikkeld volgens de hiervoor besproken ontwerpoverwegingen.

**LAR II**

**LONG-RANGE AIR ROUTE SURVEILLANCE AND TERMINAL AREA CONTROL RADAR**




TECHNICAL DATA

| | | |
|---|---|---|
| **Antenna** | | |
| type | dual beam reflector | |
| frequency | 1250 - 1350 MHz | |
| beam width | | |
| horizontal | $1.7^o$ | |
| vertical | $4.5^o$ $cosec^2$ to $35^o$ | |
| side-lobe level | -25 dB | |
| gain | 31.6 dB | |
| rotational rates | 6 or 12 r.p.m. | |
| polarisation | continuously variable | |
| **Transmitter** | | |
| type | coherent amplifier with TWT output stage | |
| frequency | 1250 - 1350 MHz | |
| peak power | 150 kW | |
| mean power | 5.2 kW | |
| pulse length | 34 + 1 $\mu$sec | 69 + 1 $\mu$sec |
| PRF (staggered) | 1000 Hz | 500 Hz |
| **Receiver** | | |
| noise figure | 3.5 dB | |
| intermediate frequency | 220 and 30 MHz | |
| compressed pulse length | 0.6 sec | |
| video channels | linear | |
| | MTI (correlator) | |
| | logarithmic (FTC) | |

Mains Power Requirements

380V 50Hz 3-phase approx. 45 kVA

Anti-condensation heating:

220V 50Hz 1-phase approx. 1 kVA

Environmental Conditions

| | |
|---|---|
| Temperatures: | |
| - On-door equipment | $-50^{o}C$ to $+55^{o}C$ |
| - Indoor equipment | $0^{o}C$ to $+55^{o}C$ |
| Relative humidity | up to 95% at $40^{o}C$ |
| Wind force on antenna: | |
| - structural | 180 km/h |
| - operational | 140 km/h |

Dimensions and Weight

| | Width | Height | Depth | Weight |
|---|---|---|---|---|
| Antenna | 10200 | 4650 | 7600 | 2350 |
| Transmitter | 2750 | 1960 | 837 | 1650 |
| Receiver | 938 | 1984 | 783 | 300 |
| Waveguide drier and cooling cabinet | 938 | 1984 | 783 | 380 |
| Remote control unit | 580 | 300 | 225 | 16 |
| Maintenance switch | 160 | 120 | 154 | 2 |

Dimensions in mm and weights in kg.

Het reikwijdtediagram is getekend in figuur 10.

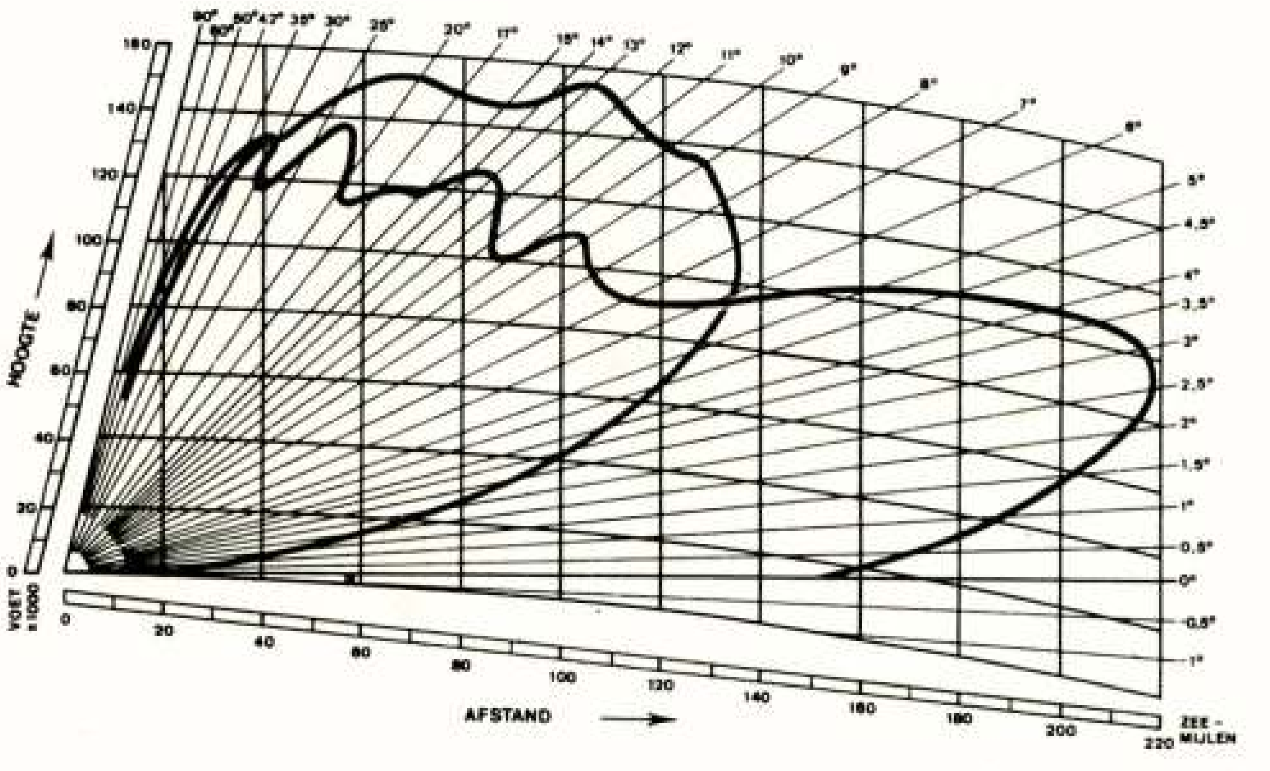



fig. 10. Reikwijdte diagram LAR II.

Het oplossend vermogen is 90 meter in afstand en $1.7^{o}$ in hoek. De minimumafstand is ca. 1000 meter.

Voordracht gehouden op 6 februari 1976 tijdens werkvergadering no. 252 bij HOLLANDSE SIGNAALAPPARATEN B.V. te Hengelo (O).

---

Voordracht gehouden op 6 februari 1976 bij de Hollandse Signaalapparate B.V. Hengelo (O) tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 252), de Benelux section IEEE en de sectie voor telecommunicatietechniek KIvI.

# The random access bright display

**A. H. Brands,** Signaal

*Summary*

*A display unit has been developed by Hollandse Signaal for use by air traffic controllers. It may find several other uses thanks to its versatility. Various writing routines can be performed. The article describes how its outstanding performance is achieved. A light-pen is included for making modifications in the displayed picture.*

## 1 Introduction

The random access bright display is a key element in the ATC environment described in the preceding article [1]. It can, however, be a very useful tool also in other fields where large amounts of data must be handled and controlled. A few examples:
- management control

Fig. 1. Display in use by air traffic controller

- strategic and tactical command and control
- programmed instruction and education
- computer aided design
- data retrieval systems.

All these systems require the display of a large amount of, frequently dynamic, data under normal working-room illumination on a large display area. The display should have a high absolute and relative accuracy, and no perceptible flicker. Furthermore, it should be equipped with a flexible set of input devices to arrive at an optimal man-machine dialogue. It should be fit for use in a small or large-scale computer complex, requiring a minimum of adjustment at widely spaced intervals.

## 2 Basic design features

The random access bright display is designed and built around a high quality cathode ray tube (CRT) being the most cost-effective display element available that can cope with all requirements indicated above. The 23″ CRT has a useful display area of about 49 cm and a virtually flat inner surface. It uses magnetic deflection and electrostatic high-voltage focussing and produces, due to an accurate electron gun, a very small and well defined spot to obtain a high resolution. Because an ordinary CRT display has no memory in principle (except to some extent, tubes using a long-afterglow phosphor) the information must be written repeatedly to present a steady picture.

### 2.1 Critical fusion frequency

The repetition frequency has been subject of various tests and studies on visual perception. Although many data exist, it is difficult to arrive at an exact determination of what constitutes an acceptable Critical Fusion Frequency (CFF) because quite some factors are involved:

- brightness
- colour
- size of illuminated area
- ambient light
- surrounding surface
- persistence of screen
- angle of vision
- movement of data displayed.

Because the flickering source is very bright and often just visible from the corner of the eye, an extremely high CFF may be observed in this random access bright display with its very large field of vision. Safe values of CFF for large field viewing are 55 Hz for luminance values above 170 nt (50 ft-L) and minimum 20 Hz for luminances below 17 nt.

The effect of CRT phosphor is small, provided a short-persistence phosphor is chosen. To get a high display brightness a very efficient phosphor has been chosen. This is P31, a zinc-sulphide phosphor, with green colour, spectral peak 522 nm, high apparent resolution and short persistence (40 $\mu$s to 10% decay). Short persistence is of importance for the display of moving data. Since smearing is hardly noticeable, a high legibility, even for moving characters and symbols, is guaranteed.

### 2.2 Contrast ratio

The contrast ratio of a CRT display depends on the brightness of the written information on the phosphor layer, the ambient illumination, the optical properties of the CRT face plate (including the cemented-on implosion protection panel) and the rather high reflection coefficient of the phosphor layer due to the aluminium backing.

The brightness of the written information is, with fair accuracy, proportional to the

square of the accelerating voltage in the 10 to 18 kV range for P31. On the other hand, the power required for magnetic deflection is linearly proportional to the accelerating voltage, whilst above 18 kV a soft X-ray radiation becomes perceptible: 18 kV was chosen as an acceptable compromise between light output, deflection power and X-ray radiation level. A beam current range of 50 to 75 $\mu$A has been selected in order to cope with the linewidth requirements which not only must be in balance with the positioning resolution of the total display, but also narrow enough to cater for character legibility.

## 2.3 Writing speed

Calculations and measurements have shown that a writing speed of 0.5 cm per $\mu$s is required to obtain 170 nt, the other parameters being as indicated above. Unfortunately this speed is not high enough to cope with the maximum required display load:

- 2000 characters
- 500 vectors, total length 100 times the display diameter
- 800 fast dark displacements (slewings) totalling about 150 times the display diameter, even using a speed of 5 cm per $\mu$s for slewing.

Part of the display load, however, is required for the display at a lower brightness level (dim) to be used as background information (format and grid lines, airways) behind the bright, actual workload. Doubling of the writing speed to 1 cm/$\mu$s for dim data, led to required brightness reduction at the maximum display load to be handled. Using the 0.5 cm/$\mu$s writing speed for bright characters the average writing time for a small character is less than 3 $\mu$s.

*Dim characters*

Dim characters are written in the same time but with reduced beam current, thus enhancing line width and dim-character legibility.

## 2.4 Display characteristics

A list of main characteristics is given below, before the display system is discussed at greater detail:

- 49 cm diameter, nearly flat display surface
- digital character and vector generation
- positioning raster 1024 by 1024 points
- vectors possible between any two raster points
- single high bandwidth deflection channels for characters and vectors
- high brightness and clarity of information:
  bright data : 0 to 170 nt
  dim data : 0 to 85 nt
  contrast 11 : 1 at 160 lx ambient illumination
- character and symbol generation techniques for optimal styling and high legibility
  character raster: 31 × 31 points
  repertoire: 36 letters and figures, and 28 special symbols (repertoire extension facility to 128)
- various possible display formats: single characters, tables, vectors, vector sequences and vector/character sequences
- various presentation modes:
  character size: large and small
  brightness: dim and bright
  blinking: for all or specific data at 0.5 to 5 Hz
  3 vector presentation modes: uniform, short and long dash

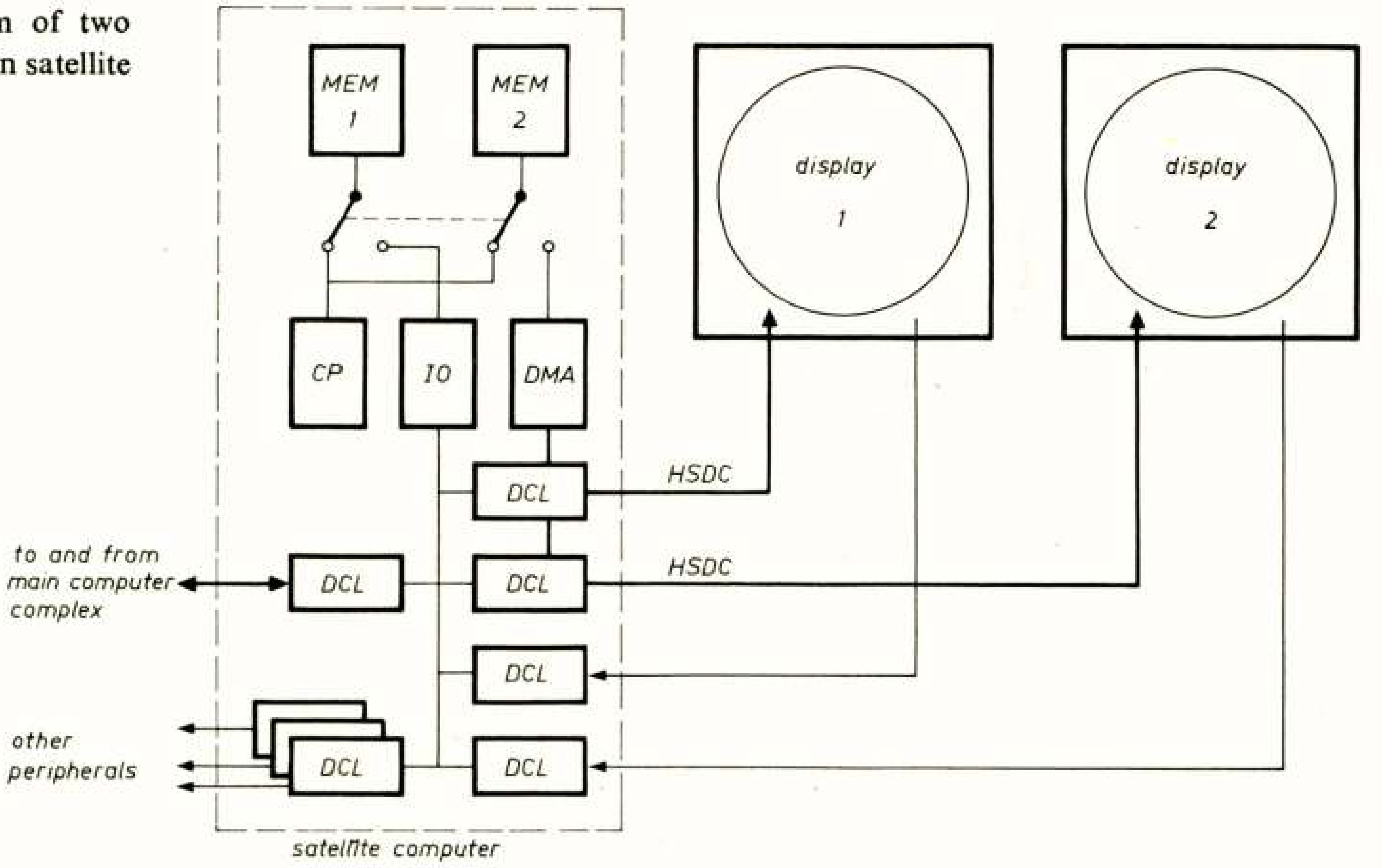
- high-speed, uniform, writing rates:
  bright vector and characters: 0,477 cm/$\mu$s
  dim vectors: 0,954 cm/$\mu$s
  slewing: 5,09 cm/$\mu$s
- typical display times:
  average small character: 3 $\mu$s
  bright vector, 1/3 diameter: 36 $\mu$s
  dim vector, 1/3 diameter: 18,5 $\mu$s
  slewing, 1/3 diameter: 6,2 to 5,3 $\mu$s, depending on direction
- high repetition rate for flicker-free display:
  any high figure depending on load but
  $>$ 58 Hz for specified maximum display load
- very small and constant line width:
  0,25 to 0,4 mm in centre area, $R < 200$ mm } at 170 nt
  0,25 to 0,45 mm over total area, $R < 245$ mm } at 170 nt
- high accuracy and stability:
  absolute accuracy: 0,6 %; relative accuracy: 0,1 % over 25 mm distance
  picture instabilities $< 0{,}01$ % peak to peak
- light pen assignment with hardware tellback, useful down to 17 nt data, even for dot characters
- low power consumption; about 650 VA depending on load, type of computer interface and number of operator input devices.

## 3 Display System

As outlined above, the picture content must be refreshed at a sufficiently high rate to get a flicker-free display of information. The required refresh store may be organised in various ways:
- a separate hardware buffer with core store or solid state memory modules
- part of an (already available) general-purpose computer using a specially allocated section of the computer memory as the output file.

If a hardware buffer is used, two system concepts are possible:
- processing of data (selection, scaling, translation) before or after storage
- processing of data in the system computer, thus storing and refreshing only relevant

Fig. 2. Block diagram of two displays and a common satellite computer

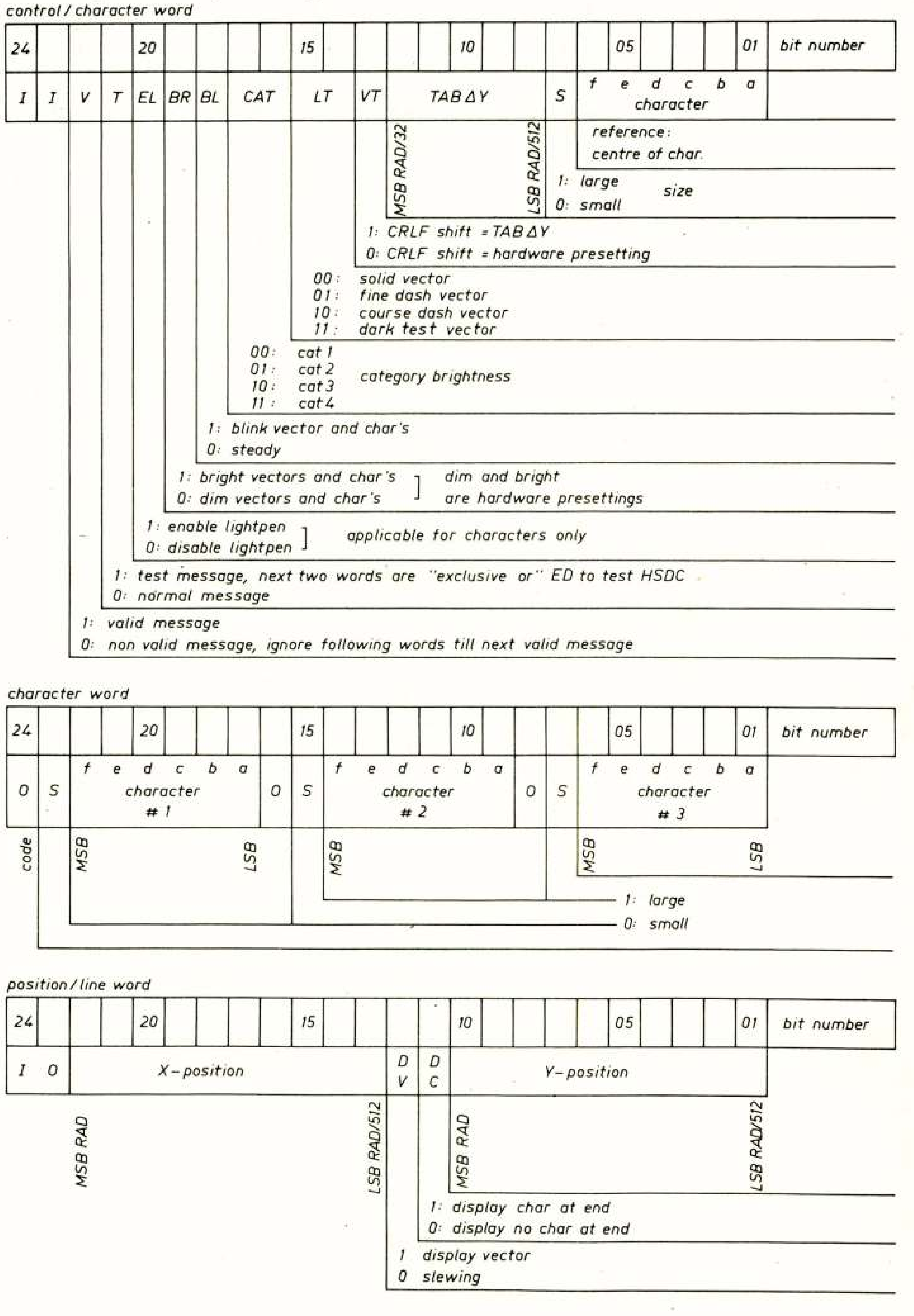


display data.

What solution should be chosen depends on the system requirements. This implies several factors to be weighted against each other:

- system configuration and flexibility
- maximum transport rates
- maximum permissible load on computer time and storage
- system reliability
- system back-up and fail-soft facilities
- system reaction time and allowable display staleness
- total system cost, with regard both to hardware and software.

**Fig. 3. Formats of the three types of data transport words: control/character word, character word and position/line word**



The following description gives some details of the system configuration used in the Dutch ATC environment. A main computer complex is connected to a number of satellite computers, each one driving two bright displays, using the satellite computers memory as refresh store.

### 3.1
### Satellite computer

Fig. 2 is a block diagram showing a satellite computer driving two displays, type SMR-S. The memory cycle time is 1 $\mu$s and the central processor (CP) cycle time is 2 $\mu$s. By means of a switch between the memory on one side and the CP or I/O (Input/Output) on the other, an autonomous input/output block transport is possible via a number of multiplexed channels not requiring any (sometimes quite expensive!) processor time. The summed maximum transport rate for all channels is 110 kHz.
When now another memory section, which is also equipped with a switch, is inserted between CP and a direct memory access (DMA) type circuit, a high speed data channel (HSDC) is created with a summed maximum transport rate of 430 kHz, whilst at the same time the extra memory section is kept accessible to the CP. Depending on the display load, a number of displays can now be connected to the computer. The channels between the computer and the displays are controlled by means of device control logic (DCL), itself controlled by the computer via a standard multiplexed channel. Other DCL's are available to connect the satellite computer to the main computer complex, a separate radar data computer, the input devices of the display operator and the required standard peripherals.
Data selection and formatting in the Dutch ATC display system take place in the satellite computer and the data transport is based upon only 3 types of efficiently packaged, 24-bit words (Fig. 3):

- a control/character word (CCW) containing general display commands and a character that can be used for indicating and marking a position (with the centre of the symbol as the reference)
- a character word (CW) containing three 6-bit character codes to be used in tabular formats with bottom left corner of character raster as the reference
- a position/line word (PLW) containing X and Y coordinates, 10 bits each, of positions or vector start/end points.

Positions are defined in a square circumscribing the useful circular display area, the zero reference point being the bottom-left corner.
Fig. 4 gives a few examples of writing actions. Figs. 5 and 6 are actual photographs of the display for a line test and a character test picture.

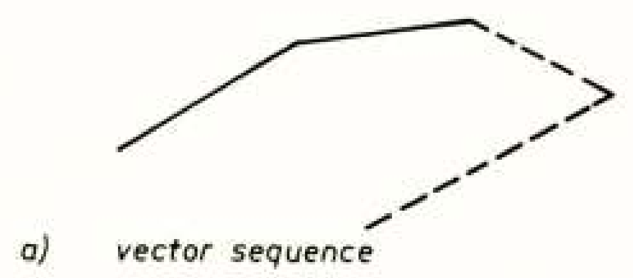



Fig. 4. Some examples of data displays

## 4
## The Display

As shown in the block diagram (Fig. 7), the display proper is connected to the satellite computer by means of the HSDC-interface circuit containing cable receivers and line test circuitry and also via a silo buffer to cater for transport rate differences between the output at the computer end and the display input whose acceptance largely depends on the type of items to be displayed. Slewing is faster than vector writing, a long vector takes more time than a short one, etc.

### 4.1
### Vector generator

Depending on the word type (CCW, CW, PLW), the information is sent from the buffer to the Vector Generator (VG), the Character Generator (CG) or the Overall Timing and Control Unit (OTCU).
The VG has two main sections: the calculating section and the generating one, which are interworking in such a way that during the time the generating section controls the actual beam movement (slew, write) on the CRT, the calculating section performs the

necessary calculations for the next move.
The time for beam movement is governed by the type of movement and the distance to be covered. The calculating section of the VG operates so fast that, on an average, the calculations are ready before the previous beam movement has terminated.
The calculation is to determine the differences in X and Y between the last beam position and the new one, to give an approximation of the distance between these two points and, finally, the sine and cosine of the direction of the movement required. The output of the VG can be divided into two types of information:
- X and Y position data and
- sine and cosine values determining the slope of the vector to be drawn.

## 4.2 Sweep Generator

The position and the slope values are used in the two (X and Y) Sweep Generators (SG), which, in principle, are highly accurate and stable, presettable, integrating circuits. In the position mode the output of the SG integrator is forced to a value determined by the X or Y position-data. In the displacement mode the sine and cosine values are used to control the drive of the integrator. In this way the saw-tooth waveforms for the deflection are superimposed upon the DC values determining the vector starting point. The time during which the circuit is allowed to integrate is also determined by the VG with the aid of the distance to go. The method outlined above was selected out of a number of possible solutions because it gave the answer to the stringent requirement of straight and unjagged lines. During beam movements no switching actions whatsoever are required in the generating circuits. The result is that there are no transients that might cause imperfections of the written line. The SG circuits are designed in such a way that linearity and stability are guaranteed even for the largest displacements.
Am impression of the stability and accuracy required can be obtained from these figures:
- output of the SG: from — 10 V to + 10 V for 50 cm display diameter.
- required position resolution: 0.5 mm $\widehat{=}$ 20 mV

Fig. 5. Line test picture, photographed from the display

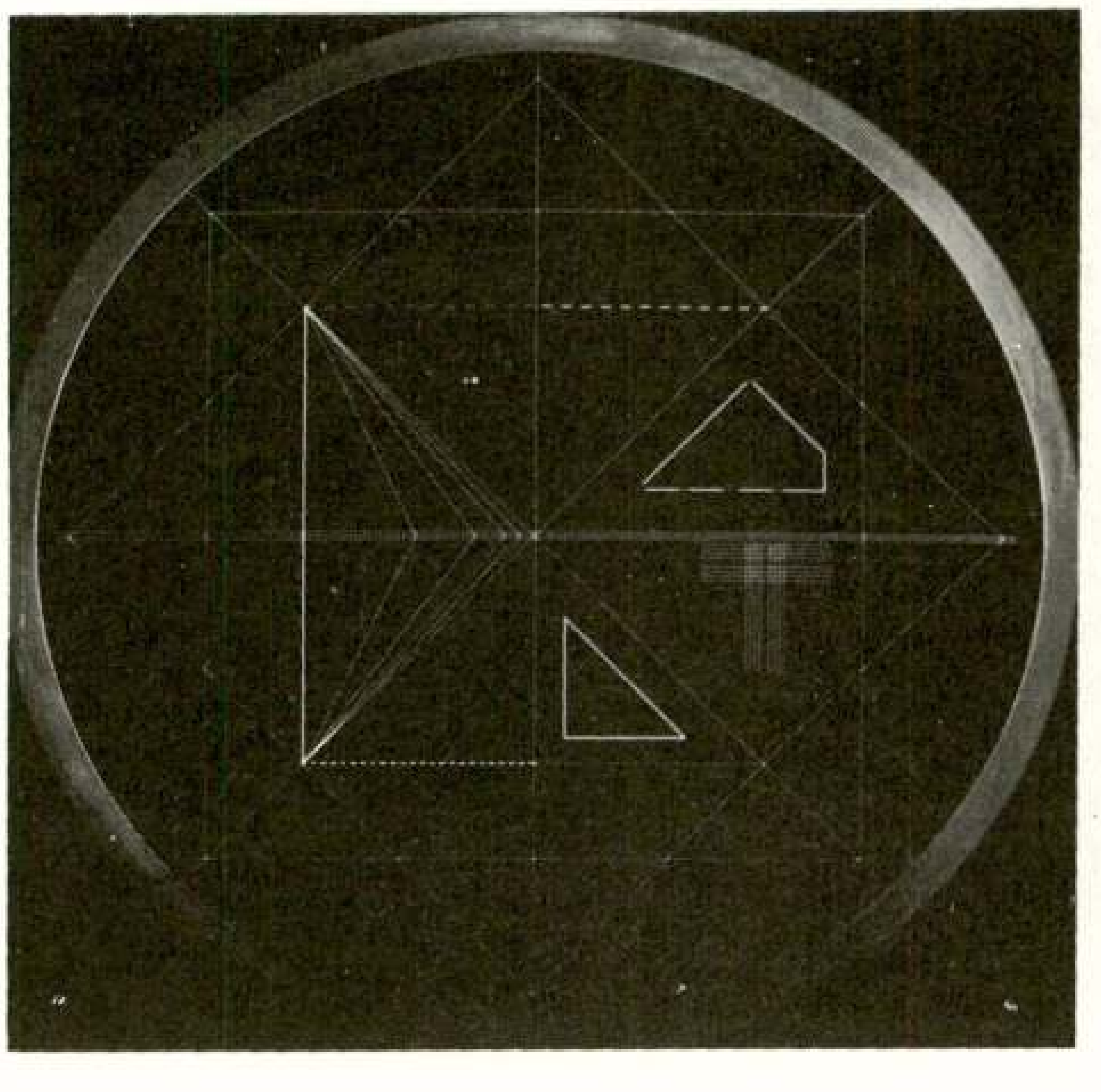
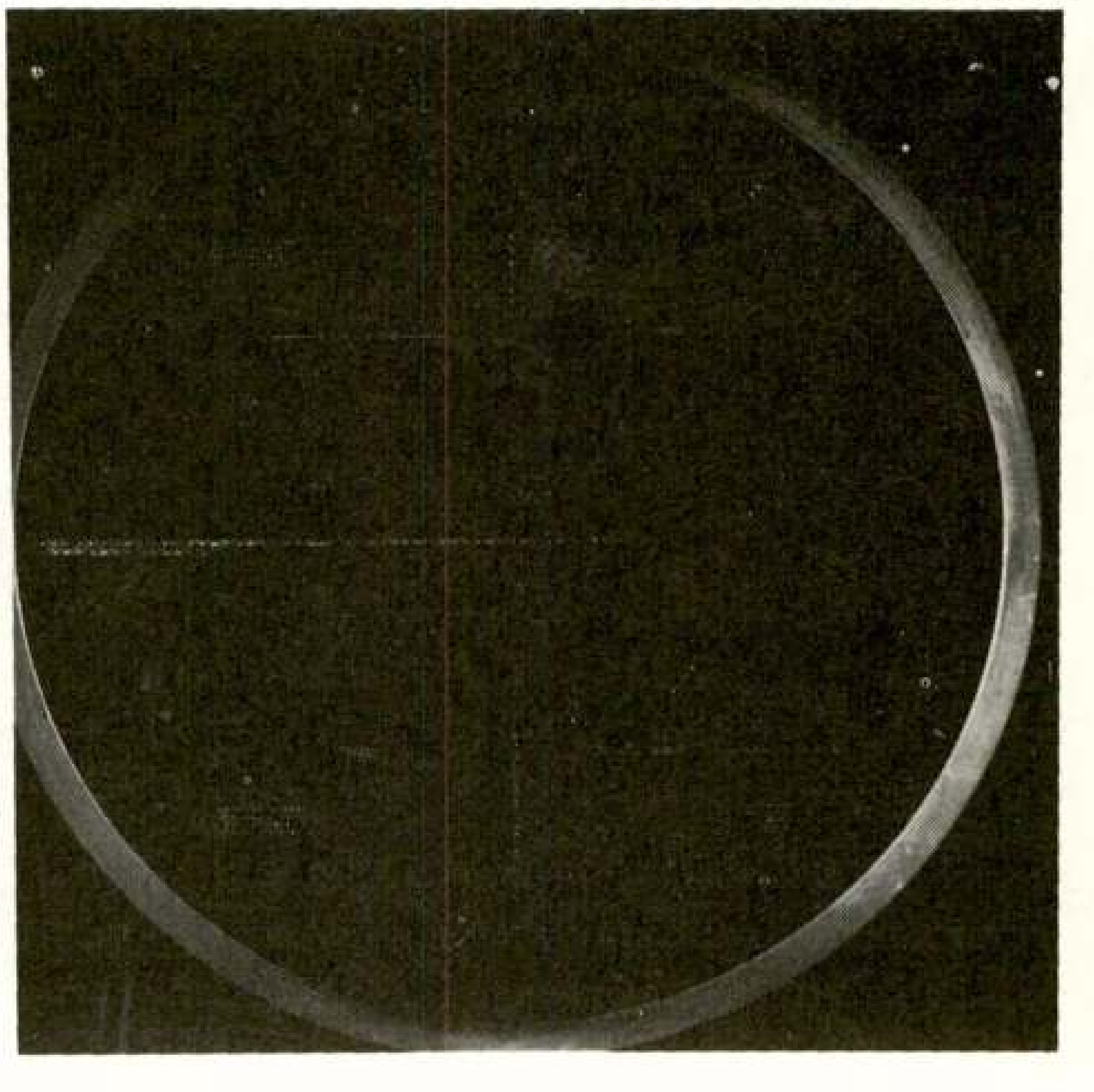


Fig. 6. Character test picture



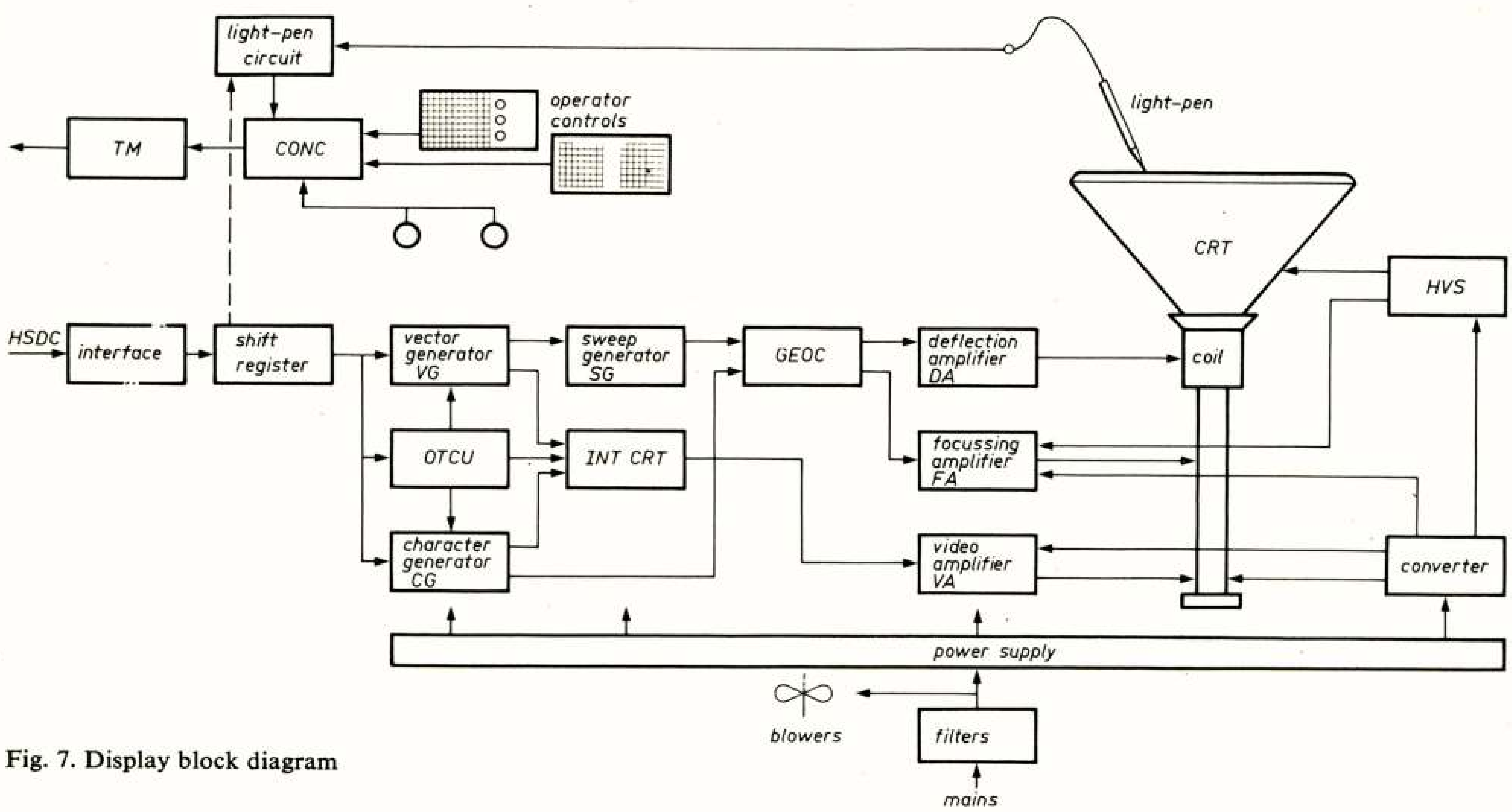



Fig. 7. Display block diagram

- eye-perceptible inaccuracies: 0.1 mm ≘ 4 mV
- required start/stop timing accuracy is determined by writing speed, 1 cm/μs; 0.1 mm means only 10 ns.

## 4.3 Character generator

The Character Generator (CG) is controlled by means of 6-bit codes. The shape of the relevant character is taken out of a small, high-speed, solid-state memory, built around a couple of Programmable Read-Only Memories (PROM). The characters are written as a string of small interconnected vectors. The PROMs therefore contain the locations of the intersections in a 31 by 31 raster format. This raster is fine enough to make any character font desired and offers great freedom in designing quite a number of discernable special symbols. The output of the PROM is converted into drive voltages for a pair of presettable character integrators to obtain a set of deflection voltages for character writing.
In order to comply with the requirement that the writing rate must be constant, also an adaption factor is incorporated in the PROM.
Some characteristics:
- basic timing cycle: 0.138 μs
- shortest possible vector: 0.138 μs, vector increments: 0.028 μs
- average display time in single character mode for alphanumerics: 3 μs
- average display time in tabular character string mode: 2.45 μs

The difference between dim and bright characters is produced by controlling the beam current. The difference between large and small characters is arranged by scaling the drive and halving the clock rate using the same character information in the PROM.

## 4.4 Geometric correction module

Fig. 8 gives a few examples of the available set of characters. The output voltages of the SG and the CG are summed in, and modified by means of, the geometric correction module (GEOC). The fact that the CRT face plate is nearly flat (radius of

Fig. 8. Character examples. This is actually an enlargement of the center position of Fig. 6. Bright and dim characters can be distinguished.

curvature > 400 cm) will result in the so-called pin-cushion distortion. Correction voltages produced in the GEOC are added to the deflection waveforms. Due to the fact that even the output of the CG must be corrected to counteract geometric distortion, it is obvious that the bandwidth of the correction module must comply with the fast-character waveforms. Because the correction voltages are position-dependent, it is possible to obtain an output as a by-product, which is proportional to the deflection relative to the centre of the CRT. This voltage is used for controlling the dynamic focus amplifier, as well as for off-tube beam blanking.

### 4.5 Deflection amplifier

The deflection amplifiers (DA) and the deflection coil are designed for optimum display quality. The usually high dissipation is avoided so that a high reliability is achieved.

The low-power deflection system requires only 25 to 150 VA depending on the load. The single ended push-pull deflection amplifiers (DA) drive a deflection coil which is specially developed for the purpose. Mechanically, the coil is adapted to the CRT used. It is of the distributed type and has an extremely homogeneous field, a very low capacity and a high orthogonality. We are very grateful for the cooperation received from Mr. Vonk and his Philips Research Lab team [2], who measured the field distribution of the coil on two prototypes.

Their advise based on computer analyses has led to a deflection coil of outstanding quality.

### 4.6 Focus amplifier

The Focus Amplifier (FA), driven from the GEOC, controls the focus anode by means of a voltage which is a function of the deflection distance relative to the centre of the screen. This requires a voltage variation of about 500 volt, which is superimposed on a DC voltage of 3 kV. The combination of intensity circuit and video amplifier collects and switches the intensity drive signals from the VG, the CG and the OTCU. The intensity levels are set at the operator controls and amplified to the level required for modulating the electron beam of the CRT.

The overall timing and control unit (OTCU) is a collection of logic circuits controlling the data flow throughout the display depending on the input data and the actual momentary situation of the display.

### 4.7 Concentrator

All the signals from the input devices (i.e. the input to the computer) are collected,

processed and transported via the Concentrator CO. All kinds of input controls can be connected to the CO, viz. pushbuttons, keyboard, rollball, joystick, handwheels, touch device, signals from the logic circuits and, as in the Dutch ATC system, a light-pen. The CO is connected to the satellite computer via a transport module (TM) in the display and a DCL in the computer.

## 4.8 Power supply

A number of non-regulated and conventional series-regulated units feeding the analogue and digital electronic circuits constitute the power supply unit. The CRT is supplied with voltages derived from a switching type converter whose frequency lies well above the audibility limit.

Because the HV directly effects the picture size, adequate stabilisation is necessary, as well as additional filtering. At 18 kV nominal the maximum allowable ripple is only 5 V peak to peak. By careful selection and using unstabilised power supply wherever possible, a minimum internal dissipation could be achieved. This assists in lowering the total amount of power required.

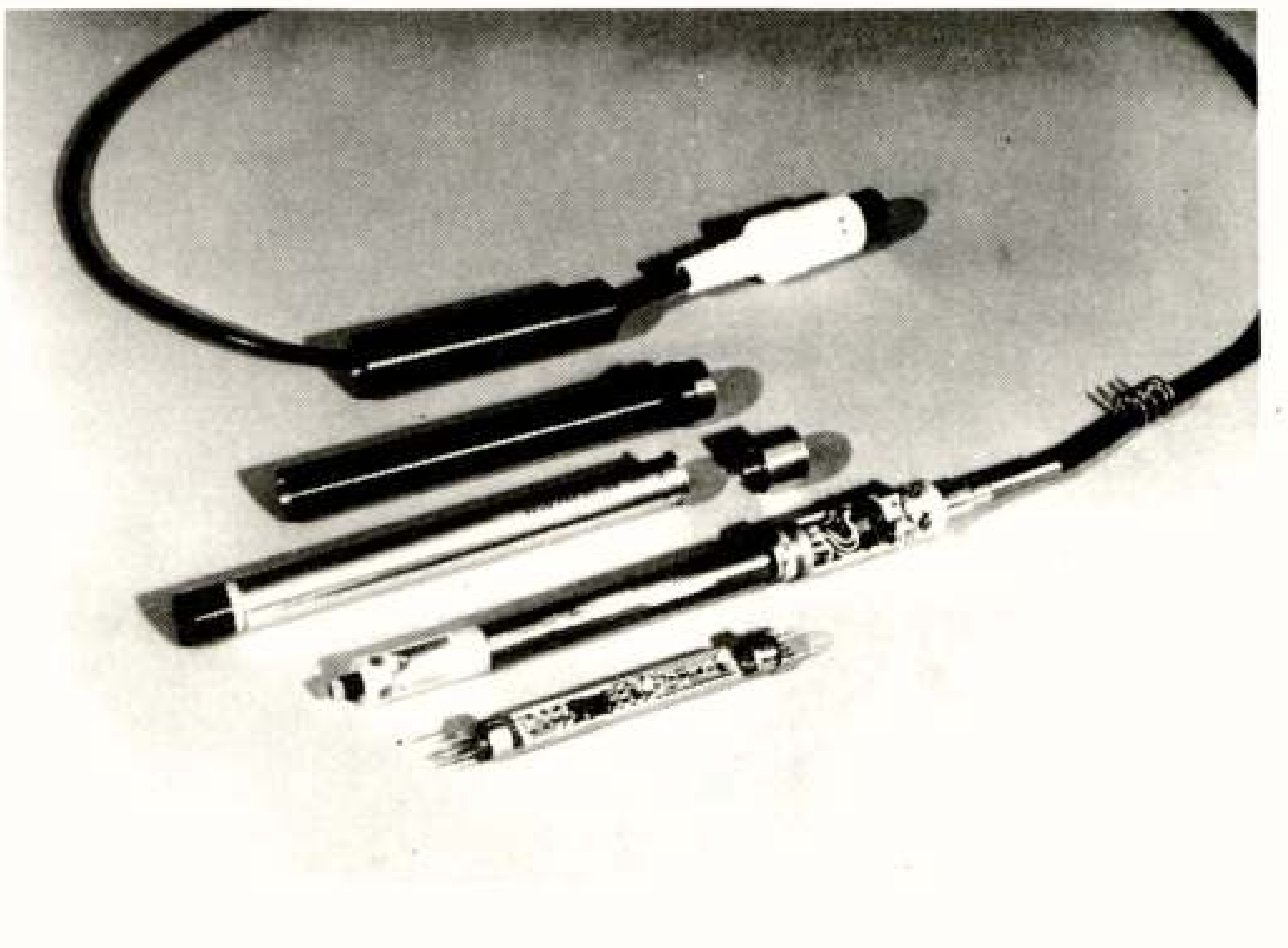
## 5 Light-pen

The light-pen is a pencil-like input device used for indicating a certain item on the display for identification by the computer. When one of the pushbuttons on the small panel is pressed, either before or after the pointing, the program detached to that button will take action (delete, amplify, replace). The light-pen contains a photodiode and is adapted to the writing speed so as to make it insensitive to ambient light, which may be anything from direct sunlight to high-intensity artificial ambient illumination. The light-pen circuit (LPCRT) counts the serial numbers of the incoming data words. When the light-pen senses the item by means of its photodiode, the word number of the item involved is held in the LPCRT. By pressing the pen in axial direction a switch is actuated and the word number is sent to the computer, so that the program is notified of the item pointed at. A hardware tellback-feature is incorporated to give the operator confidence as to the position and correct functioning of the lightpen, which may be held even at an angle to the screen.

At the moment the pen senses light the running display activities are briefly interrupted and an 'overlay' symbol is written at the position the computer has identified as the item of interest. Pointing at a single isolated symbol is aided by means of a small light circle projected from the lightpen on the phosphor layer of the CRT.

The dimensions of the pen are small and the weight very low owing to the use of thin-film circuit for the amplifier section.

Fig. 9. Light-pen



The sensitivity of the lightpen is very high so that reliable working can be guaranteed if 34 nt items are displayed under 160 lx ambient illumination, even for the dot character which activates the phosphor layer for only 200 ns.

## 6 Reliability

Various test and protection circuits are provided in the display. They do not only raise the reliability but also aid in fault-location and fault diagnosis:

- sensing of the blower system
- overvoltage protection and supervision of all relevant supply voltages to protect the electronic circuits
- sensing of the DA's temperature, current and duty cycle to protect the DA's power stages
- sensing of continuous beam movement to protect the phosphor layer against burn-in
- on-line test of the HSDC by means of complementary test data controlling all bits of the transport channel
- on-line test of the VG by means of a dark test vector checking the results of the calculations against built in check figures
- off-line, by means of test pictures stored in the computer, with the aid of switches and indicator lights (LED's) in the hardware. The same test pictures are used for adjustment and lining-up procedures, although such procedures are rarely necessary owing to the inherent stability of the display (minimum permissible adjustment interval: 1 week).

The reliability prediction is based on the parts count method as per MIL-HDBK-217A on a 100% complexity level. Basic failure rates have been supplemented by values taken from literature and reports from component manufacturers. The calculated MTBF is 2500 hours including the CRT.

## 7 Mechanical design

The completely self contained display is built in a frame on castorwheels so that it can be wheeled into an ATC console from the rear. The operator's controls are conveniently placed on the console, together with all other gear that may be needed by the ATC controller.

The power supply and data cable connectors are positioned at the lower front end of the display cubicle in such a way that, even in the wheeled-out condition, all connections remain intact available.

The frame is divided into a lower section and an upper section containing the CRT, the HV supply, the converter, the DAs and a card rack. The CRT is shielded with mu-metal.

The card rack contains 32 plug-in printed circuit boards of about $10 \times 20$ cm. The back panel wiring is a multilayer board in combination with mini-termipoint wiring. The system is forced-air cooled. Fresh air is taken in through a filter located underneath at the back of the display cabinet and blown through the power supply units. From here the air stream is led to the DAs and the card rack. This cooling route requires a minimum amount of air, thus lowering the audible noise to acceptable limits, while, on the other hand, the cooling efficiency is not impaired when the top or bottom covers are removed for servicing.

Sufficient space is available to accomodate a mini-satellite computer system in the display unit when one computer is required per display.

## 8 Adaptations for other uses

A number of different, very interesting, display modes and/or future applications can be provided on the basis of the available random access bright display. With a

minimum of additional electronics it is possible to use the display in a TV raster mode. A number of CCIR standards can be satisfied. It is, moreover, possible to adopt any particular system up to more than 1000 lines in a 50 Hz interlaced raster.
Another possibility is to combine, say, a TV scan with the random access scan mode. About 20% of the original maximum load can be written in the frame flyback time. This permits even live-TV pictures to be combined with computer-derived data.

*Colour*

Both random scan and TV mode can be combined with colour. By adding some electronics in the HV supply and deflection amplifiers and by using a penetron type CRT, a 4-colour display is obtained with a much better resolution than can be reached with the familiar shadow mask tube.
The light output will be reduced somewhat due to the fact that the phosphor layers required are less efficient than the P31, used for mono-colour display.
On the other hand, if a penetron with phosphor layers producing different colours is used, it is possible to employ layers with different persistence characteristics.
It is also possible, again at a penalty of reduced light output, to combine a raw radar presentation in a long after-glow mode with non-smearing, flicker-free, moving synthetic data, if necessary, even in two different colours.

*Raw radar display*

If the original deflection amplifiers are replaced by a type which is best suited for high-quality TV-type scan, a non-standard, 880 lines, 55 Hz, non-interlaced, bright raster display can be arranged. One of the applications proposed is the display of raw radar under high level ambient illumination as may prevail in an airfield control tower. The raw radar data must be converted to the particular TV-type scan. The conventional memory tube scan converter might be used here. But a far more elegant solution offers much better resolution, is far more accurate and has an absolute stability inherent in its digital nature. The use of a scan converter in a system enables the radar picture to be mixed with a very large amount of computer-derived, synthetic, data. The adjustable radar afterglow is provided by the solid state scan converter, and not based on the phosphor of the CRT.

*Changing raw radar for processed data*

The following application is a very cost effective one in the rapidly changing world of ATC display. Display of raw radar mixed with synthetic data is used in the majority of ATC centres. In the near future extensive use will be made of automatic extraction and processing of primary and secondary radar signals, which calls for the display of large amounts of synthetic data only. This transition permits a change to be made from a darkened room (as required for radar afterglow) to well lit and more comfortable environment. The radar phase demands a CRT with long-afterglow phosphor displaying raw radar on a time-compressed basis. This leaves about 60% of the original maximum load capacity for synthetic data without the usual radar losses. Smearing of moving synthetic data is prevented by keeping the refresh rate at the original 55 Hz. In the synthetic phase the display has the 100% load capacity, under the high-level ambient illumination conditions described before. The only step to be taken is the exchange of the long-afterglow CRT type for a short-persistence one.

## 9 References


1 E. C. Priebee: SARP Air Traffic Control system, *Philips Telecommunication Review*, Vol. 32, 1974 (117-127 (No. 3)

2 R. Vonk, Magnetic deflection in television picture tubes, *Philips Technical Review*, Vol. 32, 1971, 61-72, (No. 3/4).

# HET NEDERLANDS URSI-COMITÉ

Dr.Ir. J.B.H. Peek
Natuurkundig Laboratorium
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken

The activities and structure of the Netherlands National URSI-Committee are described

In de jaarverslagen van het NERG worden ieder jaar de activiteiten van het Nederlands URSI-comité over de afgelopen periode vermeld. URSI is de gangbare afkorting voor Union Radio-Scientifique Internationale. Van verschillende zijden is echter de wens uitgesproken om de NERG-leden regelmatiger en uitvoeriger aangaande de activiteiten van dit comité te informeren. Met deze bijdrage, waarin een aantal recente ontwikkelingen binnen de URSI worden toegelicht en waarin de activiteiten en de huidige samenstelling van het Nederlands URSI-comité worden beschreven, hopen wij aan deze wens tegemoet te komen.

In een vorig nummer van dit tijdschrift heeft drs. Hamaker bericht over zijn ervaringen als radio-astronoom, opgedaan tijdens de in augustus 1975 te Lima gehouden algemene URSI-vergadering. Van Nederlandse zijde werd aan deze vergadering verder deelgenomen door prof. H. Bremmer,ir. J. Casse, dr. R. Ekers, prof. F. Stumpers, drs. H. Vesseur en dr. F. de Vrijer. DrsVesseur heeft toegezegd om een kort overzicht samen te stellen van zijn indrukken van het symposium over de ionosfeer, dat deel uitmaaktevan de genoemde algemene vergadering.

De banden tussen het NERG en het Nederlands URSI-comité zijn altijd zeer nauw geweest, en men kan zelfs stellen dat het vaderschap van het Nederlands URSI-comité bij het NERG berust. Tot 1950 vertegenwoordigde het Nederlands Radiogenootschap in ons land immers de URSI, daartoe destijds uitgenodigd door de Koninklijke Academie van Wetenschappen. In die tijd was Van der Pol zowel lid van de Koninklijke Academie van Wetenschappen als bestuurslid van het NRG. Het NERG besloot echter in 1950 tot het oprichten van een nationaal URSI-comité, teneinde een toestand te bereiken zoals die ook in andere landen werd aangetroffen. De leden van dit comité werden toen - en worden nog steeds - door het NERG-bestuur benoemd. De huidige samenstelling van het Nederlands URSI-comité zal aan het slot van deze bijdrage nog gegeven worden. Een uitvoerig overzicht over het doel, de structuur, de werkwijze en de geschiedenis van de URSI kan men vinden in een publikatie van Stumpers (1), de huidige voorzitter van het Nederlands URSI-comité en een van de vice-presidenten van de URSI.

De laatste jaren is er binnen URSI een discussie over reorganisatie gaande. Ook het Nederlands URSI-comité heeft zich met deze kwestie beziggehouden. Om het volgen van deze discussie te vergemakkelijken, kan de volgende toelichting mogelijk nuttig zijn. De URSI, die in 1919 is opgericht, ontstond uit de behoefte om wetenschappelijke studies die betrekking hadden op de voortplanting van radiogolven, te stimuleren en te organiseren. De URSI is dus opgericht in een tijd toen er nog nauwelijks sprake was van inzicht in de voortplanting van radiogolven door de ionosfeer, de troposfeer en de magnetosfeer. In de loop der jaren maakte deze radiowetenschap een stormachtige ontwikkeling door, waarbij behalve Van der Pol ook landgenoten als Tellegen, Bouwkamp, Bremmer en de Hoop belangrijke bijdragen leverden. Geheel nieuwe takken van onderzoek (zoals b.v. de radioastronomie) ontstonden. De URSI heeft deze ontwikkeling van de radiowetenschap al die jaren begeleid door het organiseren van symposia, het houden van algemene vergaderingen en door het publiceren van overzichtsvoordrachten die op de algemene vergaderingen gehouden werden.

Het is niet verwonderlijk dat in de loop van de tijd een aantal onderwerpen die oorspronkelijk uitsluitend van belang waren voor de radiocommunicatie, in toenemende mate de aandacht begonnen te trekken van beoefenaars van andere takken van onderzoek en van

andere internationale organisaties. Zo is de radioastronomie in toenemende mate, naast de reeds bestaande optische astronomie, een onderwerp voor de IAU (Internationale Astronomische Unie) geworden,terwijl het gedrag van radiogolven door de ionosfeer en de magnetosfeer in steeds sterkere mate de aandacht van geofysici kreeg, waardoor het een belangrijk onderwerp van de IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) is geworden. Deze wegzuigende werking van andere internationale organisaties, die samenviel met een wat langzamere groei van de radiowetenschap, is door velen binnen de URSI als een verarming ervaren, om welke reden de reeds eerder genoemde reorganisatie-discussie (binnen de URSI) op gang is gekomen. Ter beantwoording van de vraag wat de taak van de URSI in de toekomst zou kunnen zijn, is de geschiedenis van de organisatie aan een nader onderzoek onderworpen. Men realiseerde zich dat het oorspronkelijke motief tot het oprichten van de URSI weliswaar lag in het verkrijgen van een beter inzicht in de voortplanting van radiogolven, maar dat er een nog dieper liggend motief was, nl. dat dit inzicht toen onontbeerlijk was om de radiocommunicatie verder te kunnen ontwikkelen. In feite zo werd door sommigen betoogd, was de oorsprong en de kern van de URSI altijd de telecommunicatiewetenschap geweest, en er werden voorstellen gedaan om weer tot dit uitgangspunt terug te keren. Natuurlijk is dit niet mogelijk zonder rekening te houden met de activiteiten van andere internationale organisaties die reeds in technisch-wetenschappelijke zin op telecommunicatie gebied actief zijn. Zo is er de ITU (Internationale Telecommunicatie Unie), een internationale verdragsorganisatie waarin meer dan 130 landen vertegenwoordigd zijn. Deze ITU werd in 1865 opgericht toen de electronische middelen om berichten over grote afstanden te verzenden beschikbaar kwamen, en de organisatie regelt o.a. de verdeling van het elektromagnetische spectrum over de diverse diensten en gebruikers. Zij wordt bij deze taak terzijde gestaan door een adviserend lichaam de CCIR (Comité Consultatif International Radio). De CCIR streeft naar een standarisatie van telecommunicatiesystemen en bestudeert daarbij technische problemen, zoals het gebruik van het spectrum,en de compatabiliteit van systemen. Verder stelt ze aanbevelingen op. Dan is er nog de CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) welke een soortgelijke functie als de CCIR vervult voor de transmissie van telegrafie- en telefoniesignalen via kabels. Deze drie organisaties zijn internationaal; de afgevaardigden worden aangewezen door de nationale regeringen.

Van geheel andere aard is de "professional group" van de IEEE, de Communications Society. De leden hiervan zijn telecommunicatie-ingenieurs over de gehele wereld, die veelal zelf actief bij de ontwikkeling van de telecommunicatie betrokken zijn. Het zal uit het voorgaande duidelijk zijn dat het internationale karakter van deze Communications Society van een ander type is dan dat van organisaties als de ITU, CCIR en CCITT.

In het verleden was de situatie deze, dat de CCIR geregeld vragen stelde aan URSI over wetenschappelijke communicatieproblemen, waarop de URSI na bestudering antwoordde. En men stelt zich voor dat dit element in de toekomst nog versterkt wordt.

Het Nederlands URSI-comité heeft zich de afgelopen twee jaar intensief met deze problematiek beziggehouden, ook om ons standpunt te kunnen formuleren t.a.v. diverse reorganisatie voorstellen die op de in augustus 1975 te houden algemene vergadering behandeld zouden worden. Hoewel het Nederlands URSI-comité positief staat tegenover een reorganisatie van URSI, meende het dat de voorstellen om de URSI in de richting van een wetenschappelijke telecommunicatie unie om te buigen, nog te weinig doordacht waren. Naar de mening van ons comité zou het centrale thema van de URSI moeten zijn: het onderzoek van elektromagnetische verschijnselen (dus ook optische). Belangrijke actuele onderwerpen voor de URSI vond het comité b.v.: onderzoek van akoestische verschijnselen in zoverre er interactie is met elektromagnetische, het opstellen van standaarden voor stralingsinvloeden op levende materie en onderzoek naar de vervuiling van het elektromagnetisch spectrum. Als een ander belangrijke taak voor de URSI ziet het comité het evalueren van nieuwe ontdekkingen op het gebied van de elektromagnetische verschijnselen, zoals b.v. het Josephson-effect.

Op de te Lima gehouden algemene vergadering is besloten om aan artikel 1 van de statuten een punt c toe te voegen, zodat dit artikel nu luidt:

The object of the Union is to develop, on an international basis, scientific studies pertaining to radio and particularly:

a) to promote and organize researches requiring international co-operation, and the scientific discussion and publication of these researches;
b) to promote the setting up of common methods of measurement as well as the inter-comparison and standarization of the measuring instruments used in scientific work;
c) to stimulate and to coordinate studies of the scientific aspects "of telecommunications using electromagnetic waves, guided and unguided".

Hoewel deze beslissing tot gevolg heeft gehad dat de indeling in commissies gewijzigd is, kan niet gezegd worden dat het telecommunicatie element er nu

duidelijker in is terug te vinden, behalve met betrekking tot commissie C, waarin "communication systems" expliciet genoemd worden. De nieuwe lijst van commisies ziet er als volgt uit:

Commission A - Electromagnetic Metrology (including radio standards and biological interaction)

Commision B - Fields and Waves (electromagnetic theory and practice, including antennas and waveguides)

commission C - Signals and Systems (communications systems and system theory, including circuits; information theory and signal processing)

Commission D - Physical Electronics and devices

Commission E - Interference Environment (man-made noise)

Commission F - Wave Phenomena in Non-ionized Media (including radiometeorology, radio-oceanography and remote sensing of non-ionized media)

Commission G - Ionospheric Radio and Propagation (including ionospheric communications and remote sensing of ionized media)

Commission H - Waves in Plasmas

Commission J - Radioastronomy (including remote sensing of celestial objects).

De samenstelling van het Nederlands URSI-comité is de laatste jaren nogal veranderd. Tot slot volgt daarom hier de huidige samenstelling, waarbij de "official members" - dat zijn de vertegenwoordigers van de diverse commissies in Nederland - met de corresponderende letter (zie hierboven) zijn aangeduid:

Ir. J. Bloemsma
Prof.dr. J. Boersma, prof.dr. H. Bremmer, prof.dr. H.G. van Bueren, prof.ir. B. van Dijl, drs. J.P. Hamaker (J), dr.ir. P.A.H. Hart, prof.dr.ir. A.T. de Hoop (B), dr. M.E.J. Jeuken (D), ir. R. Kaarls (A), prof.ir. L. Krul (F), ir. F. Möhring, prof.ir. C.A. Muller, dr.ir. J.B.H. Peek (secretaris), prof.dr.ir. J.P.M. Schalkwijk (C), prof.dr. F.L. Stumpers (voorzitter), drs. H.J.A; Vesseur (G), ir. K. Vredenbregt, dr. F. de Vrijer, prof. dr.M.P.H. Weenink (H).

LITERATUUR

1 F.L. Stumpers, "Doel en structuur van de Internationale Wetenschappelijke Radio Unie", De Ingenieur, Jrg. 81, nr. 20, 16 mei 1969.

## V A R I A

Van The Institution of Electrical Engineers werd bericht ontvangen dat NERG leden de tijdschriften en conferentieverslagen welk door IEE worden uitgegeven kunnen verkrijgen met 25% reductie. Men dient deze reductie aan te vragen via het secretariaat van onze vereniging (Postbus 39, Leidschendam). Onderstaand een lijst van de prijzen zoals deze op dit moment gelden.

| Periodicals | A | B | C |
|---|---|---|---|
| Electronics & Power | 19.00 | 14.25 | 19.00 |
| Single copy | | 1.40 | 2.00 |
| Proceedings IEE paper or microfiche | 74.00 | 55.00 | 21.00 |
| Combined | 111.00 | 84.00 | |
| Single copy | 7.50 | 6.00 | 2.80 |
| Electronics Record | 25.00 | 18.75 | 17.50 |
| Single copy | 7.50 | 6.00 | 2.80 |
| Power Record | 25.00 | 18.75 | 14.00 |
| Single copy | 7.50 | 6.00 | 2.80 |
| Control & Science Record | 25.00 | 18.75 | 14.00 |
| Single copy | 7.50 | 6.00 | 2.80 |
| Electronics Letters paper or microfiche | 47.00 | 35.25 | 18.00 |
| Combined | 70.50 | 53.00 | |
| Single copy | 5.00 | 3.75 | 1.00 |

A. Price to Non-member Customers

B. Price to Reciprocal Society Member

C. Airmail Supplement 1976

---

Boekbespreking

"Elektrische netwerken" Prof. dr. ing. H.J. Butterweck.
Prisma-Technica reeks. Uitgeverij Het Spectrum
269 pagina's; prijs f 28,75.

In dit boek, dat als een waardevolle aanvulling in de Prisma-Technica reeks - in welke reeks reeds een aantal aanbevelenswaardige werken op het gebied van wat men vroeger wel eens aanduidde met de naam "zwakstroomtechniek" zijn verschenen - kan worden beschouwd, behandelt de schrijver de collegestof zoals hij deze doceert in het tweede en derde semester aan de Technische Hogeschoo te Eindhoven.

De schrijver geeft in het voorwoord aan dat de behandeling van de netwerktheorie een inleidend karakter heeft en dat hij doelbewust afgezien heeft van het gebruik van geavanceerde technieken. Uitgaande van dit uitgangspunt spreidt het boek een verrassende volledigheid ten toon; er is geen onderwerp aan te geven dat aan de aandacht van de schrijver ontsnapt is. Op een heldere en duidelijke wijze worden van allerlei netwerken de stationaire- en inschakeltoestanden afgeleid. De schrijver heeft zich beperkt tot schakelingen bestaande uit lineaire passieve elementen (weerstanden, spoelen, condensatoren en transformatoren) in discrete geconcentreerde vorm. Als een gemis kan het beschouwd worden dat gyratoren en continu verdeelde elementen ("lange leidingen") geheel buiten beschouwing zijn gebleven. Schakelingen die actieve elementen bevatten worden op één plaats terloops even aangestipt maar dat is een logisch gevolg van de kaderstelling. De behandeling van de stof is conservatief in die zin dat slechts gebruik wordt gemaakt van de deterministische signaaltheorie en niet van de stochastische signaaltheorie. Daar de schrijver doelbewust afziet van het gebruik van Laplace- en Fourrier transformaties treft men in het boek ook niet de bekende verbanden tussen het frequentie-domein en het tijddomein aan evenmin als de bekende Hilbert- en Bode-relaties tus sen de verschillende grootheden. Voorts kan nog opgemerkt worden dat uitsluitend de netwerkanalyse ter sprake komt. Aan de netwerksynthese wordt geen aandacht geschonken. Ondanks de bovengenoemde beperkingen moet het boek, mede door de heldere betoogtrant en de in het voorgaande genoemde - wellicht wat beperkte - kaderstelling passende volledigheid als zeer waardevol beschouwd worden. Het zal niet alleen van betekenis kunnen zijn voor de studenten van prof. Butterweck maar voor al diegenen die kennis op het bepaalde terrein willen op doen doch vooral ook voor diegenen die hun kennis wat willen opfrissen. Voor bovengenoemde groepen kan ik het boek sterk aanbevelen.

A.P. Bolle

## U R S I

Het Symposium on Radio Waves and the Ionosphere gehouden te Lima, augustus 1975.

Dit symposium werd gehouden ter gelegenheid van de 18e algemene vergadering van de U.R.S.I. naast de "business sessions" van Commissie 3 (ionosfeer).

Van de vele onderwerpen, die op dit symposium werden behandeld, leken de beide volgende mij het meest interessant.

1. Beïnvloeding van de ionosfeer door sterke radiogolven,

De beïnvloeding van de D-laag, de onderste laag van de ionosfeer, door zenders van groot vermogen is reeds lang bekend. De absorptie van de radiogolven doet daar de temperatuur stijgen, en daarmee weer de absorptie, zodat er een niet-lineair effect is, waarbij de modulatie van een sterke zender in de D-laag op die van een zwakkere kan worden overgedragen. Door Bailey werd in 1959 op de mogelijkheid gewezen om ook de F-laag door sterke radiogolven te beïnvloeden, en zo door een kunst matige verhoging van de plaatselijke electronendichtheid radiocommunicatie via de ionosfeer te vergemakkelijken.

Gedurende de laatste jaren is deze mogelijkheid op enkele plaatsen uitvoerig onderzocht.

Dit is vooral gebeurd te Platteville ($40^{o}$N - $105^{o}$W) in de U.S.A. met een speciaal voor dit doel gebouwde zender. Deze zender is continu verstembaar van 2,7 tot 26 MHz, heeft een vermogen van 2 MW en een antennesysteem dat de uitgestraalde energie goed in de verticale richting bundelt. Bovendien zijn rechts- en linksdraaiende circulaire polarisaties mogelijk. Deze zender bestraalt in de F2-laag (250 á 300 km hoogte) een oppervlak met 85 km diameter. De effecten van deze zender kunnen d.m.v. een ionosonde worden bekeken. De ionosonde werkt met variabele frequentie en impulsmodulatie en geeft grafieken van reflectiehoogte als functie van de frequentie.

Na het inschakelen van de sterke zender, de z.g. "heater", worden de reflectiesporen van de F-laag binnen enkele seconden diffuus. Na het uitschakelen keert overdag de normale toestand na 10 min. weer terug, 's nachts kan dat echter enkele uren duren. Uit metingen van de aankomstrichting van aan de zo verwarmde ionosfeer gereflecteerde signalen, heeft men kunnen vaststellen dat de dichtheid van electronen en iononen met de plaats moet variëren. De plaatsen met een verdichte ionisatie hebben een zeer langgerekte vorm en liggen met de lengte-as langs de krachtlijnen van het aardmagnetisch veld. De afmetingen van deze verdichtingen beslaan een breed spectrum, van meerdere 100 m tot 1 m.

De zo gemodificeerde ionosfeer blijkt golven in het h.f. en v.h.f. gebied te kunnen terugstrooien (backscatter), maar slechts dan wanneer de invalsrichting loodrecht op het aardmagnetisch veld is. Bij invallen van de golven onder een andere hoek treedt verstrooiing op in richtingen die in een kegel rond de richting van het aardmagnetisch veld liggen en overeenkomen met die behorende bij specifieke reflectie. Voor frequenties boven ruwweg 100 MHz daalt het strooiend vermogen met 20 á 30 dB per octaaf. Behalve op de oorspronkelijke frequentie $f_s$ treedt er ook verstrooiing op op twee zijbanden nl. $f_s \pm f_h$, waarbij $f_h$ de frequentie van de "heater" is. Hierbij valt nog op te merken dat de bovengenoemde hoekgevoeligheid alleen voor $f_s$ geldt en dat de strooiing op $f_s \pm f_h$ weinig richtingsafhankelijkheid vertoont.

Een v.h.f. verbinding tussen twee vaste punten op bv. 2000 km afstand van elkaar via een kunstmatig "verwarmde plek in de ionosfeer blijkt goed mogelijk. Het daartoe nodige vermogen van de "heater" kan dan zelfs tot 1 kW worden beperkt. De bruikbare bandbreedte voor zo'n verbinding blijkt echter slechts enkele kHz te zijn.

Behalve de nu genoemde effecten op de F-laag, treden ook effecten op de E-laag en D-laag boven de "heater" op. De absorptie in de E- en D-laag neemt nl. duidelijk toe.

De bestudering van de door de "heater" veroorzaakte effecten is vanzelfsprekend ook voor de vooruitgang van de aeronomie van belang. De hoogte waarop de sterkste veranderingen in de ionosfeer optreden is die, waar de plasmafrequentie ongeveer gelijk is aan de frequentie van de "heater". De optredende verschijnselen zijn slechts ten dele begrepen. Het sterke electro-magnetische veld van de zender maakt het plasma instabiel, er ontstaan ion-acoustische golven, die uiteindelijk de verdichtingen langs de krachtlijnen van het aardveld veroorzaken. Een overzicht van theorie, experimenten en resultaten is te vinden in Radio Science, Vol. 9 (1974), no. 11 (pp. 881-1090).

2. Grote vooruitgang in het onderzoek van de ionosfeer m.b.v. de "incoherent scatter" sondes.

Een "incoherent scatter" sonde is een V.H.F. of U.H.F. radar van groot vermogen en met een verticaal omhooggerichte straling. De hierbij gebruikte frequenties zijn veel te hoog om reflecties aan de ionosfeer te geven. Er treedt echter door de gehele ionosfeer, dus op elke hoogte, een zwakke terugstrooiing op. Deze terugstrooiing vindt voornamelijk plaats aan fluctuaties in de electronen- en ionendichtheid, ontstaan door de thermische beweging van ionen en electronen. De terugstrooiing vanaf een bepaald niveau is evenredig met de daar aanwezige electronendichtheid. In tegenstelling tot de gebruikelijke ionosonde, die slechts reflecties geeft tot aan de top van de F2-laag, geeft de "scattersonde"

echo's tot ver in de magnetosfeer (zelfs tot meer dan 10.000 km hoogte).

De echo's zijn echter zeer veel zwakker dan die van de normale reflecties. De teruggestrooide straling beslaat een zekere bandbreedte om de oorspronkelijke frequentie van de zender. Dit wordt veroorzaakt door het Doppler effect aan de bewegende terugstrooiende elementen. Door nauwkeurige analyse van het spectrum van de echo's kan men het temperatuurprofiel van de ionosfeer bepalen en voor bepaalde hoogte-bereiken zelfs de concentratie van bepaalde ionensoorten. Het is met behulp van op afstand van de zender geplaatste ontvangers dan zelfs mogelijk de horizontale winden op diverse niveau's te meten. Deze analyse methodes hebben in de laatste jaren, vooral door de toepassing van nieuwe technieken voor de behandeling van signalen met een slechte signaal-ruis verhouding, grote vorderingen gemaakt.

Drs. H.J.A. Vesseur
K.N.M.I. - de Bilt

## UIT HET NERG

### LEDENMUTATIES

**Voorgestelde leden**

H.J. Middendorp, Witbreuksweg 383-312, Enschede.
Dipl.-Ing. H.G. Nussbaum, Jagersweg 4, Huizen N.H.
Ir. W.J.P.A. Verbeek, Ursulaland 147, Den Haag.
R.G. van Vliet, Jan Bollandlaan 21, Eindhoven.
Ir. J.R. Westerveld, Van Adrichemstraat 191, Delft.
Ing. K. Zeehuisen, Donizettihof 23, Alphen aan de Rijn.

**Nieuwe leden**

Ir. G.J. Dijst, Reinier Claeszenstraat 80, Amsterdam.
Ir. T.W.H. Fockens, Zonnebloemstraat 6, Eibergen.
Ing. A.J. Lansink, Old Ruitenborgh 27, Hengelo(O).

**Nieuwe adressen van leden**

Dr. M.M. Abu-Zeid, Molvense Erven 36, Nuenen.
Ir. K. Bronsveld, César Franckrode 57, Zoetermeer.
Ir. J.A.M. de Brouwer, Kuilerstraat 29, Someren.
Ir. A.P.K. Elhorst, Verspronckweg 139, Haarlem.
G.J. Lubben, Boslaan 61, Son N.B.
Ir. F. van der Meer, Frieslandstraat 29, Amsterdam.
Ir. B. Pors, Struisgras 32, Gouda.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 41 - nr. 2 - 1976



druk: HET ZUIDEN Eindhoven